

Distribuição de diâmetros em Acácia Negra  
*Acacia mearnsii* de Wild, em diferentes  
povoamentos e idades

Dissertação submetida à consideração da comissão examinadora como requisito parcial na obtenção do título de "Mestre em Ciências - M.Sc.", no curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.



COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PARECER

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato CÉSAR AUGUSTO GUIMARÃES FINGER, sob o título "DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS EM ACÁCIA NEGRA *Acacia mearnsii* DE WILD, EM DIFERENTES POVOAMENTOS E IDADES" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 28 de junho de 1982.

Professor Paulo Renato Schneider, M.Sc  
Primeiro Examinador

Professor José de Arimatéia Silva, M.Sc  
Segundo Examinador



Professor Roberto Tuyoshi Hosokawa, DR.  
Presidente

Aos meus pais, irmãs, cunhados,  
sobrinhos e esposa

D E D I C O

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof., Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa, por sua orientação, compreensão e amizade.

Ao Prof., M.Sc. Paulo Renato Schneider, pela co-orientação e cessão dos dados para a realização do presente trabalho, bem como pelo constante incentivo e amizade.

Ao Prof., Dr. Sebastião do Amaral Machado, pela co-orientação e sugestões apresentadas.

Aos meus pais, Oscar e Diana Finger e a Marisa , minha esposa, pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

Ao Dr. H. T. Schreuder, USDA - Forest Service , pela cessão do programa principal para a elaboração deste trabalho.

Ao Prof., Dr. José Alves da Silva , pelas sugestões apresentadas.

À EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), através dos Engenheiros Florestais, Yeda Maria Malheiros de Oliveira e Sérgio Ahrens, pelo fornecimento de subrotinas de computação.

À Universidade Federal de Santa Maria que forneceu , através do PICD-CAPES, o suporte financeiro para a realização deste Curso.

Ao núcleo de Processamento de Dados da UFSM, através do Prof., M.Sc. Cláudio Lobato, que possibilitou o processamento dos dados deste trabalho.

Ao Sr. Ellio e Dinorah Pedroso, pela calorosa acolhida em sua residência durante a elaboração desta dissertação.

À TANAC S.A., na pessoa do Engº. Florestal Antônio Granja, pela acolhida quando lá estivemos.

Ao Prof., Dr. Flávio Felipe Kirchner , pelo apoio e sugestões apresentadas.

Ao Prof., Dr. Hilton Tadeu Zarate do Couto, pelo fornecimento de subrotina de computação.

Aos demais professores, funcionários e colegas de Curso e àqueles que, direta ou indiretamente , colaboraram na execução desta dissertação.

## B I O G R A F I A

CÉSAR AUGUSTO GUIMARÃES FINGER, filho de Oscar Finger e Diana Duzo Guimarães Finger , nasceu em Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, no dia 28 de agosto de 1956.

Realizou o curso primário no Grupo Escolar Clemente Pinto e o secundário no Ginásio Comercial Santo Antônio e Colégio La Salle, daquela cidade.

Em 1973, iniciou o 2º grau no Colégio Estadual Santa Catarina, em Caxias do Sul, graduando-se em 1975.

Em 1976, iniciou o Curso de Engenharia Florestal , na Universidade Federal de Santa Maria, graduando-se em 1979.

Em 1980, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, a nível de Mestrado, da Universidade Federal do Paraná, com especialização na área de Manejo Florestal , concluindo os requisitos para o grau de M.Sc., em abril de 1982.

## S U M Á R I O

LISTA DE QUADROS	X
LISTA DE FIGURAS	XV
LISTA DE VARIÁVEIS	XVI
1 - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Objetivos .....	3
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 - Definição de Distribuição .....	4
2.2 - Determinação de uma Distribuição de Frequência ...	5
2.3 - Método de Máxima Probabilidade .....	7
2.4 - Propriedades dos Estimadores de Máxima Probabilida de .....	11
2.4.1 - Tendenciosidade .....	11
2.4.2 - Consistência .....	11
2.4.3 - Eficiência .....	12
2.4.3.1 - Parâmetro Assintoticamente Eficiente .....	12
2.4.4 - Suficiência .....	13
2.4.5 - Invariância do Estimador de Máxima Probabilidade	13
2.4.6 - Comparação dos Estimadores de Máxima Probabilida de .....	14
2.5 - Funções de Distribuição .....	15
2.5.1 - Distribuição Normal .....	16
2.5.1.1 - Propriedades da Distribuição Normal .....	16
2.5.1.2 - Distribuição Normal Reduzida .....	20
2.5.2 - Distribuição Log-normal .....	24
2.5.3 - Distribuição Gama .....	25

2.5.3.1 - Distribuição de Probabilidade Gama .....	26
2.5.3.2 - Propriedades da Distribuição Gama .....	27
2.5.4 - Distribuição Beta .....	30
2.5.5 - Distribuição Weibull .....	33
2.5.6 - Distribuição $S_B$ .....	37
2.6 - Momentos, Assimetria e Curtose .....	39
2.7 - Estatísticas de Ajuste e Precisão para Selecionar o Melhor Modelo de Regressão .....	42
2.7.1 - Estatística de Kolmogorov - Smirnov .....	42
2.7.2 - Estatística de Cramer - Von Mises - Smirnov ....	42
2.7.3 - Estatística de Qui-quadrado .....	44
2.7.4 - Desvios Absolutos .....	45
2.7.5 - Desvios Absolutos Ponderados .....	46
2.7.6 - Estatística do Logarítmo da Probabilidade .....	46
3 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	48
3.1 - Características e Distribuição Geográfica da Espé- cie .....	48
3.2 - Localização dos Povoamentos .....	49
3.3 - Características dos Povoamentos .....	49
3.4 - Condições Ecológicas Regionais .....	50
3.5 - Amostragem .....	50
3.6 - Número de Amostras .....	51
3.7 - Medidas Tomadas .....	52
3.8 - Estimativa dos Parâmetros das Funções de Distribui- ção .....	52
3.9 - Ajuste das Distribuições .....	57
3.9.1 - Medidas de Ajuste .....	57
3.9.2 - Estatísticas Usadas para a Seleção do Melhor Mo- delo de Regressão .....	59
3.10 - Análise de Assimetria e Curtose .....	60
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	61
4.1 - Distribuição de Diâmetros na Idade de 3,5 Anos ...	61
4.2 - Distribuição de Diâmetros na Idade de 4,5 Anos ...	68
4.3 - Distribuição de Diâmetros na Idade de 5,5 Anos ...	75
4.4 - Distribuição de Diâmetros na Idade de 6,5 Anos ...	82
4.5 - Distribuição de Diâmetros na Idade de 7,5 Anos ...	88
4.6 - Característica dos Dados de Diâmetros de Acácia Ne- gra e Coeficiente da Distribuição $S_B$ para as ida-	



des de 3,5 a 7,5 Anos .....	95
5 - CONCLUSÕES .....	97
6 - RESUMO .....	98
SUMMARY .....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102
APÊNDICE 1 .....	105
APÊNDICE 2 .....	110
APÊNDICE 3 .....	115
APÊNDICE 4 .....	120
APÊNDICE 5 .....	125

## LISTA DE QUADROS

1	TABELA DE GRANER .....	6
2	VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 3,5 ANOS .....	62
3	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂ- METROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS .....	63
4	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUI- ÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS ....	64
5	RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTA- DAS PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS .....	66
6	VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 4,5 ANOS .....	68
7	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂ- METROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS .....	69
8	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUI- ÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS ....	70
9	RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTA- DAS PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS .....	72
10	VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 5,5 ANOS .....	75
11	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂ- METROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS .....	76

12	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS .....	78
13	RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTADAS PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS .....	80
14	VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 6,5 ANOS .....	82
15	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS .....	83
16	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS .....	85
17	RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTADAS PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS .....	86
18	VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 7,5 ANOS .....	88
19	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS .....	89
20	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS .....	91
21	RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTADAS PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS .....	93
22	VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NAS IDADES DE 3,5 A 7,5 ANOS .....	95
23	PARÂMETROS E ESTATÍSTICAS ESTIMADAS PARA DESCREVER DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NAS IDADES DE 3,5 A 7,5 ANOS .....	96
24	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS .....	106
25	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS .....	106
26	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUI-	

	ÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS ..	107
27	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS	107
28	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS ....	108
29	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS ..	108
30	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS .....	109
31	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS	111
32	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS .....	111
33	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS ..	112
34	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS	112
35	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS ....	113
36	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS ..	113
37	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS .....	114
38	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS	116
39	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS .....	116
40	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS ..	117
41	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS	117
42	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUI-	

	ÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS ....	118
43	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS ..	118
44	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS .....	119
45	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS	121
46	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS .....	121
47	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS ..	122
48	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS	122
49	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS ....	123
50	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS ..	123
51	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS .....	124
52	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS	126
53	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS .....	126
54	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS ..	127
55	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS	127
56	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS ....	128
57	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS ..	128

58	ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂ- METROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS .....	129
----	---	-----

## LISTA DE FIGURAS

1	COMPORTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL EM RELAÇÃO À VARIÂNCIA .....	18
2	DISTRIBUIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES NAS AMPLITUDES DE DESVIOS DA CURVA NORMAL .....	23
3	DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL .....	25
4	DISTRIBUIÇÃO GAMA .....	29
5	DISTRIBUIÇÃO BETA .....	31
6	DISTRIBUIÇÃO WEIBULL DE DOIS PARÂMETROS .....	35
7	DISTRIBUIÇÃO $S_B$ .....	38
8	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ .....	67
9	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ .....	74
10	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ .....	81
11	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ .....	87
12	DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO $S_B$ .....	94

## LISTA DE VARIÁVEIS

- 1 )  $n$  - número de observações
- 2 )  $nc$  - número de classes
- 3 )  $L(\theta)$  - função de máxima probabilidade
- 4 )  $x$  - variável aleatória
- 5 )  $\bar{x}$  - estimador da média aritmética
- 6 )  $\mu_1$  - média aritmética de  $x$
- 7 )  $\mu_2$  - média aritmética dos logarítmos de  $x$
- 8 )  $\delta^2$  - variância de  $x$
- 9 )  $\delta_2^2$  - variância dos logarítmos de  $x$
- 10)  $R$  - eficiência relativa
- 11)  $E(x)$  - expectativa de
- 12)  $f(x)$  - função de densidade probabilística
- 13)  $M_x^{(t)}$  - função geradora de momentos
- 14)  $\Gamma$  - gama
- 15)  $A$  - coeficiente de assimetria de Pearson
- 16)  $\alpha_3$  - coeficiente de assimetria
- 17)  $\alpha_4$  - coeficiente de curtose
- 18) DAP - diâmetro a altura do peito
- 19)  $\epsilon$  - menor valor observado para a variável aleatória  $x$



- 20)  $\chi^2$  - qui-quadrado
- 21) K-S - Kolmogorov-Smirnov
- 22)  $W^2$  - Cramer-Von Mises-Smirnov
- 23) L.P. - logarítmo da probabilidade
- 24) D.A. - desvios absolutos
- 25) D.P. - desvios absolutos ponderados

## 1 INTRODUÇÃO

A *Acacia mearnsii*, vulgarmente conhecida como acácia negra, é uma espécie florestal de alta rentabilidade. Trata-se de uma espécie exótica de rápido crescimento,, com rotações curtas (7 a 9 anos) e com duplo interesse comercial : o primeiro, a casca, usada na produção de tanino; o segundo, o tronco, aproveitado, principalmente, para produção de celulose, madeira aglomerada e para o carvoejamento.

OLIVEIRA\*, citado por SCHNEIDER<sup>23</sup>, registra a introdução da acácia negra no Rio Grande do Sul, em 1918, por Alexandre Bleckmann. Em 1928, foram realizados os primeiros plantios com fins comerciais no município de Estrela.

Hoje, a acacicultura é uma importante atividade econômica, gerando empregos e divisas com a exportação do seu principal produto, que é o tanino.

---

\*OLIVEIRA, H.A. Acácia negra e tanino no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Tipog. Mercantil, 1960. V. 1, 116 p.

---

———. Acácia negra e tanino no Rio Grande do Sul. Canoas, La Salle, 1968. 2V., 121 p.

A acácia negra tem sido objeto de intensos estudos , quer nas áreas de Silvicultura, Fitossanidade, Inventário e Manejo Florestal. Nesta última, restam algumas lacunas que necessitam de maiores informações para se efetuar um manejo mais racional, principalmente, com relação ao estudo da distribuição de diâmetro.

Neste sentido, procurou-se encontrar modelos matemáticos que pudessem, efetivamente, descrever tal distribuição.

Os primeiros esforços para quantificar , com modelos matemáticos, as distribuições diamétricas na área florestal foram feitas por volta de 1898, por De Liocourt's. A partir daí, diversos pesquisadores têm dedicado especial atenção a este tema, aplicando inúmeros modelos de distribuição.

A solução destes problemas são de muita importância prática, pois a variável diâmetro é bem correlacionada com variáveis de consideração econômica como volume , qualidade de produtos, custos de exploração, etc.

BAILEY & DELL<sup>1</sup> citam que para a escolha de um modelo deve-se selecionar uma função capaz de descrever todo o âmbito da forma unimodal. Assim, a função de densidade deveria cobrir a forma de "jota invertido", mais as formas de monte com variação de graus de assimetria.

O conhecimento do comportamento da distribuição de diâmetro é de grande importância para o planejamento e controle da atividade florestal na acacicultura. Segundo HOSOKAWA<sup>8</sup>, a função de distribuição quando associada a uma função de forma, permite a quantificação do sortimento do povoamento em pé e associando as classes de sortimentos obtidas com os seus respectivos preços, permite o cálculo da renda bru-

ta, e quando associada a uma função de produção permite a estimativa da evolução dos sortimentos do povoamento, bem como a evolução das suas rendas.

### 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são :

- a) estudar as distribuições de diâmetro de acácia negra em diferentes idades;
- b) selecionar a equação que melhor descreva estas distribuições;
- c) estudar as variações das distribuições em diferentes idades.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 DEFINIÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

Distribuição de freqüência, segundo BRUCE & SCHUMACHER<sup>4</sup>, é definida como uma apresentação tabular de dados para mostrar a freqüência em que algo ocorre, dentro de um intervalo de classe.

Costuma-se trabalhar com o centro de classe, onde os valores sucessivos destes são eqüidistantes, permitindo comparar o número de observações em diferentes classes.

A precisão dos limites de classes dependerá da acuidade com que os dados foram coletados.

SPIEGEL<sup>26</sup>, cita que o agrupamento dos dados em tabelas de freqüências elimina muitos detalhes originais, porém, obtêm-se a importante vantagem que é o aspecto global, o que possibilita maior clareza e evidenciam as relações essenciais.

Segundo PRODAN<sup>20</sup>, o número de observações contidas em uma classe característica é dita freqüência absoluta. Esta pode ser expressa como porcentagem de freqüência de uma população ou em valores relativos.

O resultado da adição de freqüências sucessivas é a freqüência acumulada. O seu uso prático é mostrar diretamente a porcentagem de freqüência que se situa abaixo e inclusive nesta classe, além do cálculo da mediana da distribuição.

WAUGH<sup>30</sup>, divide freqüência acumulada em crescente e decrescente. Define freqüência acumulada crescente como a que considera a ocorrência de um evento abaixo de determinado limite de classe e, freqüência acumulada decrescente como a que considera a ocorrência de um evento acima de um determinado limite de classe.

## 2.2 DETERMINAÇÃO DE UMA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA

A determinação de uma distribuição de freqüência deve obedecer basicamente as seguintes regras gerais (SILVA<sup>25</sup>) :

- a) determina-se a amplitude total dos dados;
- b) divide-se a amplitude total em um número conveniente de intervalos de classe que tenham a mesma amplitude. Caso não seja possível, usa-se intervalos de classe de amplitudes diferentes ou abertos. Considera-se intervalo de classe aberto o intervalo que, teoricamente, não tem limite superior ou inferior.
- c) faz-se a tabulação dos valores observados e obtém-se, assim, a distribuição de freqüências.

Ainda, segundo o mesmo autor, para obter o número aproximado de classes pode-se usar a tabela de GRANER\*, apre-

sentada no quadro 1.

QUADRO 1 - TABELA DE GRANER

NÚMERO DE OBSERVAÇÕES N		NÚMERO DE CLASSES - <i>nc</i> Mínimo Máximo	
<	50	5	10
	100	8	16
	200	10	20
	300	12	24
	500	15	30
>	1.000	20	40

A fórmula de Sturges também pode ser utilizada para a mesma finalidade (SILVA<sup>25</sup>) :

$$nc = 1 + 3,3 \log n \quad (1)$$

onde :

$n$  - número de observações

$nc$  - número de classes

Segundo SILVA<sup>25</sup>, obtém-se a amplitude do intervalo de classe pela razão entre a amplitude total e o número de classes.

Sugere ainda que se faça um arredondamento dos intervalos para um número ímpar e que se tome sempre uma classe a mais na confecção da tabela de frequência.

WAUGH<sup>30</sup>, observa que a fórmula de Sturges dá demasiadas classes para pequenos números de dados e, relativamente, poucas para grande número de dados.

O melhor, segundo este autor, é escolher um intervalo de classe suficientemente pequeno para que todos os dados den

\*GRANER, E.A. Estatística. 2ª ed., São Paulo, Ed. Melhoramentos, 1966, 184 p.

tro da classe possam ser, de modo geral, considerados de mesmo valor, e que, submetidos a essa limitação, seja o número de classes o menor possível para que permita a verificação das características da distribuição.

PRODAN<sup>20</sup>, considera que uma divisão de classes pode ser mudada pela combinação de duas ou mais classes dentro de classes com o intervalo amplo; como por exemplo, 4 classes com intervalo de 1 cm poderiam ser agrupadas em 1 classe de 4 cm.

Caso haja necessidade de que os limites sejam mudados, deve-se obter as frequências das novas classes da curva de frequência acumuladas.

### 2.3 MÉTODO DA MÁXIMA PROBABILIDADE

Este método, cita KREYSZIG<sup>12</sup>, foi usado em 1880 por C.F. Gauss e sua fórmula geral, introduzida para propósitos estatísticos, em 1922, por R.A. Fischer. Esta idéia foi da maior importância para o desenvolvimento da teoria estatística moderna.

MERRIL & FOX<sup>16</sup>, definem Estimativa de Máxima Probabilidade como o estimador que torne máxima a probabilidade de se obter a amostra efetivamente observada.

Se  $f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$  é uma função de densidade conjunta para uma amostra aleatória de tamanho  $n$ , extraída de uma população de parâmetro  $\theta$  desconhecido, então a estimativa de máxima probabilidade de  $\theta$  é o número  $\hat{\theta}$  que torna máxima a função de densidade conjunta, quando considerada



função de  $\theta$  para  $x_1, x_2, \dots, x_n$  fixos.

Se as observações de uma amostra aleatória são independentes, então a função de densidade conjunta de  $x_1, x_2, \dots, x_n$  será:

$$L(\theta) = f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) \quad (2)$$

onde:

$L(\theta)$  = função de probabilidade

$\Pi$  = multiplicatário

assim:

$$\prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) = f(x_1; \theta) \cdot f(x_2; \theta) \cdot f(x_3; \theta) \dots f(x_n; \theta)$$

MEYER<sup>17</sup>, cita que  $\theta$  pode representar um número real isolado ou um vetor caso a função de probabilidade dependa de dois ou mais valores de parâmetros.

Geralmente, não é fácil achar a distribuição de probabilidade das estimativas de máxima probabilidade, particularmente, se o tamanho da amostra for pequeno. Se  $n$  for grande verifica-se que uma resposta será válida.

Segundo MOOD; GRAYBILL; BOES<sup>18</sup>, para grandes amostras o estimador de máxima probabilidade de  $\theta$  é o melhor estimador que há.

KEMPTHORNE & FOLKS<sup>10</sup>, citam que o método de Máxima Probabilidade pode ser aplicado para qualquer situação, não importando quanto complicado for a estrutura, porém, frequentemente os estimadores de Máxima Probabilidade só podem ser obtidos para um conjunto de dados através do uso de computadores.

Muitas funções de probabilidade satisfazem regular-

mente às condições de definição de máxima probabilidade; assim, o estimador de máxima probabilidade é a solução da equação :

$$\frac{\partial L(\theta)}{\partial \theta} = 0$$

Tanto  $L(\theta)$  e  $\log L(\theta)$  tem seu máximo no mesmo valor de  $\theta$  e isso facilita para encontrar o máximo logarítimo da probabilidade.

Se a função de probabilidade contém  $k$  parâmetros,

$$L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) = \prod_{i=1}^n f(x_i, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k), \quad (3)$$

então o estimador de máxima probabilidade dos parâmetros

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$  são as variáveis aleatórias

$$\hat{\theta}_1 = \hat{e}_1(x_1, \dots, x_n), \quad \hat{\theta}_2 = \hat{e}_2(x_1, \dots, x_n)$$

$$\hat{\theta}_k = \hat{e}_k(x_1, \dots, x_n), \text{ onde } \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_k \text{ são as va-}$$

lores em  $\bar{\theta}$  o qual maximiza  $L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$ .

Com certas condições de regularidade satisfeitas\*, o ponto onde a probabilidade é máxima e a solução de  $k$  equações.

$$\frac{\partial L(\theta_1, \dots, \theta_k)}{\partial \theta_1} = 0$$

---

\*Condições de Regularidade - As variações nas frequências relativas são consideráveis quando a amostra é pequena, mas quando for grande a amplitude de variação diminui, isto é, a frequência apresenta regularidade estatística quando o tamanho da amostra cresce (YAMANE<sup>31</sup>).

$$\frac{\partial L(\theta_1, \dots, \theta_k)}{\partial \theta_2} = 0$$

$$\vdots$$

$$\frac{\partial L(\theta_1, \dots, \theta_k)}{\partial \theta_k} = 0$$

MERRIL & FOX<sup>16</sup>, demonstraram que este trabalho pode ser facilitado com o uso do logaritmo da probabilidade.

Considerando que uma amostra aleatória de tamanho  $n$ , extraída de uma distribuição normal, tem função de probabilidade dada por :

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{2\pi\delta^2} \right\}^{-n/2} \cdot \exp \left\{ \frac{-(x_i - \mu)^2}{2\delta^2} \right\} \quad (4)$$

O logaritmo da função de probabilidade é :

$$\ln L(\theta) = -\frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \delta^2 - \frac{1}{2\delta^2} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \quad (5)$$

onde  $\Pi$  = multiplicatário.

Diferenciando  $\ln L(\theta)$  em relação a  $\mu$  e  $\delta^2$  obtemos :

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \mu} = \frac{1}{\delta^2} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \mu) \quad (6)$$

e

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \delta^2} = \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{\delta^2} + \frac{1}{2\delta^4} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \quad (7)$$

Igualando a zero e resolvendo as equações para obter os estimadores de máxima probabilidade  $\hat{\mu}$  e  $\hat{\delta}^2$ , teremos :

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x} \quad (8)$$

$$\delta^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (9)$$

onde:

$\hat{\mu}$  = média estimada

$\hat{\delta}^2$  = variância estimada

$\delta$  = desvio padrão verdadeiro.

## 2.4 PROPRIEDADES DOS ESTIMADORES DE MÁXIMA PROBABILIDADE

MERRIL & FOX<sup>16</sup>, apresentam as seguintes propriedades:

### 2.4.1 TENDENCIOSIDADE

Um estimador  $\hat{\theta}$  de um parâmetro  $\theta$  se diz imparcial se seu valor esperado é igual ao verdadeiro valor de  $\theta$ .

Geralmente, um estimador não tendencioso é preferível a um tendencioso.

Caso se necessite escolher entre um estimador tendencioso, cuja distribuição é concentrada na vizinhança do verdadeiro valor de  $\theta$ , e um estimador não-tendencioso com distribuição altamente dispersa, o estimador tendencioso pode ser preferível, principalmente, quando for possível determinar a grandeza e a direção da tendência

### 2.4.2 CONSISTÊNCIA

Um estimador  $\hat{\theta}$  de um parâmetro  $\theta$  se diz consistente se o valor do estimador tende para o valor do parâmetro,

quando o tamanho da amostra se torna infinitamente grande.

Mais precisamente, se para qualquer número  $\xi > 0$ , arbitrariamente pequeno, a probabilidade  $P(|\hat{\theta} - \theta| < \xi)$  de que o estimador  $\hat{\theta}$  difira por menos que  $\xi$ , do verdadeiro valor  $\theta$  tende para a unidade quando " $n$ " aproxima-se do infinito, diz-se que  $\hat{\theta}$  é um estimador consistente de  $\theta$ .

Estimadores consistentes não são, necessariamente, não tendenciosos para amostras de tamanho finito, tampouco, são os estimadores não tendenciosos, necessariamente, consistentes.

### 2.4.3 EFICIÊNCIA

Um estimador não tendencioso  $\hat{\theta}$  se diz eficiente se sua variância é igual ao número  $C$ , isto quer dizer que tem a menor variância possível.

$\hat{\theta}$  é, muitas vezes, chamado de estimador de variância mínima ou o melhor estimador de  $\theta$ .

2.4.3.1 PARÂMETRO ASSINTOTICAMENTE EFICIENTE - É o estimador  $\hat{\theta}$  de  $\theta$ , tal que  $\sqrt{n} \cdot (\hat{\theta} - \theta)$  é assintoticamente normal com média zero.

Se a variância assintótica de  $\hat{\theta}$  é no mínimo tão pequena quanto a de qualquer outro estimador de  $\hat{\theta}$  assintoticamente normal e não tendencioso, então  $\theta$  se diz assintoticamente eficiente.

Estes estimadores são também ditos suficientes.

Entende-se que uma variável aleatória como  $\sqrt{n} \cdot (\hat{\theta} - \theta)$  diz-se assintoticamente normal, se sua distribuição tende pa-

ra uma distribuição normal, quando o tamanho  $n$ , da amostra, torna-se infinito.

Um estimador  $\theta$  diz-se assintoticamente não tendencioso, se  $E(\hat{\theta})$  tende para  $\theta$ , quando  $n$  tende para o infinito.

#### 2.4.4 SUFICIÊNCIA

Um estimador  $\hat{\theta}$  suficiente engloba e resume as informações contidas na amostra a respeito do parâmetro  $\theta$ . Mais precisamente,  $\hat{\theta}$  é suficiente se a distribuição condicional das variáveis da amostra para um dado valor de  $\hat{\theta}$  é independente do parâmetro  $\theta$ . Isto mostra que a função de densidade conjunta da amostra  $x_1, x_2, \dots, x_n$  pode ser escrita como

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = g(x_1, x_2, \dots, x_n/\hat{\theta}) h(\hat{\theta}; \theta) \quad (10)$$

onde a função  $g$  não envolve  $\theta$ .

#### 2.4.5 INVARIÂNCIA DO ESTIMADOR DE MÁXIMA PROBABILIDADE

FREEMAN<sup>7</sup>, inclui outra propriedade dos estimadores de máxima probabilidade.

Se  $T$  é o estimador de máxima probabilidade de  $\theta$ ,  $u(T)$  é o estimador de máxima probabilidade de  $u(\theta)$ ; a estimação da máxima probabilidade é invariável sobre a transformação dos parâmetros.

Considerando  $T$  como estimador de máxima probabilidade

de  $\theta$ ;  $\phi = u(\theta)$  ser o único valor da função de  $\theta$ , e a inversa de  $\phi = u(\theta)$  ser  $\theta = v(\phi)$ .

Sendo  $T$  o estimador de máxima probabilidade de  $\theta$ , a probabilidade  $L(\theta)$  é máxima em  $\theta = T$ , ou  $L(\theta) = L\{v(\phi)\}$  é máxima em  $\theta = T = v(\phi)$ , que é máxima em  $\phi = u(T)$ .

MEYER<sup>17</sup>, cita que sob condições bastante gerais, as estimativas de máxima probabilidade são coerentes. Isto é, se o tamanho da amostra sobre a qual essas estimativas tenham sido calculadas for grande, a estimativa de máxima probabilidade será "próxima" do valor do parâmetro a ser estimado.

#### 2.4.6 COMPARAÇÃO DE ESTIMADORES DE MÁXIMA PROBABILIDADE

MERRIL & FOX<sup>16</sup>, apresenta o método de comparação segundo a eficiência relativa.

Supondo  $\hat{\theta}_1$  e  $\hat{\theta}_2$  sejam estimadores diferentes de  $\theta$ . A eficiência relativa de  $\hat{\theta}_2$  em comparação com  $\hat{\theta}_1$ , se define com

$$R = \frac{E(\hat{\theta}_1 - \theta)^2}{E(\hat{\theta}_2 - \theta)^2} \quad (11)$$

Se a razão  $R$  é maior do que 1,  $\hat{\theta}_2$  é relativamente mais eficiente do que  $\hat{\theta}_1$ .

Se  $R$  é menor do que 1, então  $\hat{\theta}_1$  é relativamente mais eficiente do que  $\hat{\theta}_2$ .

O termo "eficiente" é usado aqui com sentido um pouco diferente do anterior:

- a)  $\hat{\theta}_1$  e  $\hat{\theta}_2$  não precisam ser não tendenciosos;
- b) as comparações para efeito de eficiência relativa envolvem apenas dois estimadores, e não todo o conjunto deles;
- c) a razão  $R$  é a razão das variâncias de  $\hat{\theta}_1$  e  $\hat{\theta}_2$ , somente no caso de  $\hat{\theta}_1$  e  $\hat{\theta}_2$  serem não tendenciosos.

## 2.5 FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

Com os conceitos emitidos por François DE LIOCOURT\* em 1898, citado por BARROS<sup>3</sup>, teve início o estudo de distribuições na Ciência Florestal.

A partir destes estudos foram desenvolvidos vários modelos para descrever as distribuições diamétricas e também de outras variáveis dendrométricas.

Com o desenvolvimento das técnicas de cálculos pode-se hoje utilizar modelos mais complexos para descrever tais distribuições.

Para o ajuste de distribuições podem ser usados os seguintes modelos: Normal, Log-normal, Gama, Weibull, SB, Beta. Estas distribuições são descritas a seguir.

---

\*DE LIOCOURT, F. L'amenagement de sapinieres. Bull. de la société For, Franche - Comté à Belfort. Besancon, 1898.



### 2.5.1 DISTRIBUIÇÃO NORMAL

Segundo STEEL & TORRIE<sup>29</sup>, a maior parte dos fenômenos biológicos resultam de dados que estão distribuídos de maneira suficientemente normal. Assim esta teoria torna-se base de maior parte da estatística usada na Biologia.

SILVA<sup>25</sup>, cita baseado nos fundamentos de Gauss, que quando se mede uma mesma magnitude grande número de vezes, comete-se de forma involuntária erros de medições.

Esta observação leva-se a esperar, pela lógica, que haja uma compensação dos erros cometidos, e que, os erros em excesso sejam equilibrados pelos erros em falta.

MEYER<sup>17</sup> define a distribuição normal como: Se  $x$  é uma variável aleatória, que tome todos os valores reais  $-\infty < x < \infty$ , tem uma distribuição normal (ou Gaussiana) se sua função de densidade probabilística for da forma:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \frac{x - \mu}{\delta} \right)^2 \right\} \quad (12)$$

$$-\infty < x < +\infty$$

Os parâmetros  $\mu$  e  $\delta$  devem satisfazer às condições:

$$-\infty < \mu < \infty, \quad \delta > 0$$

2.5.1.1 PROPRIEDADES DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL — Segundo MEYER<sup>17</sup>, a função normal é uma função de densidade probabilística legítima.

Se  $f(x) \geq 0$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1,$$

considerando  $t = (x - \mu) / \delta$  temos,

$$\left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right) \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-t^2/2} dt = I$$

Para o cálculo desta integral usa-se o artifício de tomar o quadrado da integral ( $I^2$ )

$$I^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-t^2/2} dt \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-s^2/2} ds$$

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(s^2+t^2)}{2}} ds \cdot dt$$

Considerando:  $s = r \cdot \cos \alpha$  e  $t = r \cdot \sin \alpha$

$ds \cdot dt$  se tornam  $r \cdot dr \cdot d\alpha$

como  $s$  e  $t$  variam de  $-\infty$  a  $+\infty$

$r$  varia de 0 a  $\infty$

$\alpha$  varia de 0 a  $2\pi$ , temos

$$I^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} r e^{-r^2/2} dr \cdot d\alpha$$

$$= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left[ -e^{r^2/2} \right]_0^{\infty} d\alpha$$

$$= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} d\alpha = 1$$

$$I^2 = 1$$

A função de distribuição normal toma a forma de sino. Como  $f$  depende de  $x$ , somente através da expressão  $(x - \mu)^2$ , torna-se evidente a simetria em relação à média.

$$\text{Sendo: } x = \mu + 2, (x - \mu)^2 = (\mu + 2 - \mu)^2 = 4$$

$$x = \mu - 2, (x - \mu)^2 = (\mu - 2 - \mu)^2 = 4$$

Para a interpretação geométrica de  $\sigma$  temos:

a) quando  $x = \mu$  a função será decrescente e com a

concavidade voltada para baixo;

b) quando  $x \rightarrow \pm \infty$  a função  $f(x) \rightarrow 0$ , assintoticamente.

Sabe-se que  $f(x) \geq 0$ , isto significa que para valores grandes de  $x$ , o gráfico da função tem a concavidade para cima.

O ponto de inflexão da curva é calculado resolvendo-se  $f''(x) = 0$ . Observa-se que eles ocorrem em  $\mu \pm \delta$ , isto é, o gráfico muda de concavidade a uma unidade desvio padrão à direita e à esquerda da média.

Disto decorrerá que, se  $\delta^2$  for relativamente grande o gráfico tenderá a ser achatado, enquanto se  $\delta^2$  for pequeno o gráfico tenderá a ser pontiagudo, conforme a Figura 1.

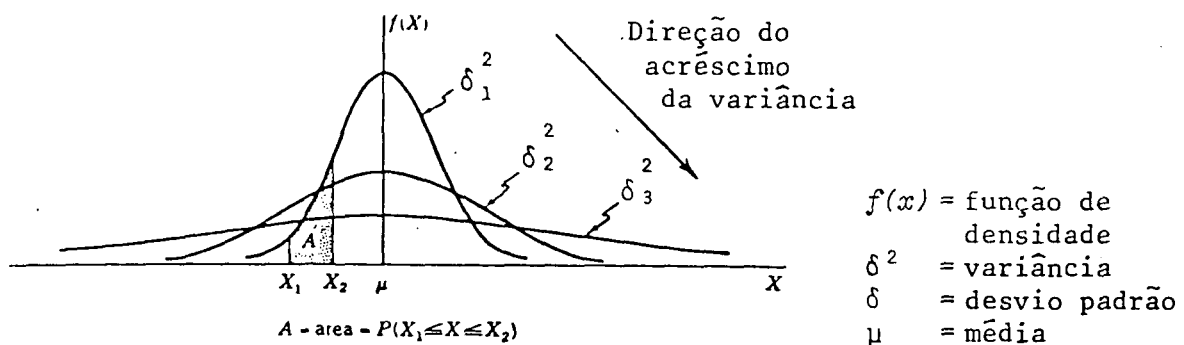


FIGURA 1 - COMPORTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL EM RELAÇÃO A VARIÂNCIA.

Pode-se demonstrar pela técnica da função geradora de momentos que:

$$E(x) = \mu \quad \text{e} \quad V(x) = \delta^2$$

$$Mx(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta} \int_{-\infty}^{+\infty} x \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \frac{x - \mu}{\delta} \right)^2 \right\} dx \quad (13)$$

Considerando

$$(x - \mu)/\delta = Z, \text{ então } x = \delta Z + \mu \quad e$$

$$dx = \delta dZ$$

temos:

$$\begin{aligned} E(x) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} (\delta Z + \mu) e^{-Z^2/2} dZ \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \delta \int_{-\infty}^{+\infty} Z e^{-Z^2/2} dZ + \mu \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-Z^2/2} dZ \end{aligned} \quad (14)$$

A primeira derivada acima é igual a zero pela propriedade  $g(Z) = -g(-Z)$ . A segunda derivada representa a área total sob a curva normal e, por isso, é igual a 1.

$$E(x^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta} \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 \exp\left\{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\delta}\right)^2\right\} dx \quad (15)$$

Fazendo  $Z = \frac{(x - \mu)}{\delta}$ , teremos:

$$\begin{aligned} E(x^2) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} (\delta Z + \mu)^2 e^{-Z^2/2} dZ \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \delta^2 Z^2 e^{-Z^2/2} dZ + 2\mu\delta \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} Z e^{-Z^2/2} dZ \\ &\quad + \mu^2 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-Z^2/2} dZ \end{aligned}$$

A segunda integral é igual a zero; a última integral (sem o fator  $\mu^2$ ) é igual a 1.

Considerando  $Z e^{-Z^2/2} = dv$  e  $Z = u$ , teremos:

$$v = -e^{-Z^2/2} \quad e \quad dZ = du$$

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} z^2 e^{-z^2/2} dz = \frac{-z e^{-z^2/2}}{\sqrt{2\pi}} \Big|_{-\infty}^{+\infty} + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-z^2/2} dz$$

$$= 0 + 1 = 1$$

$$\text{Logo, } E(x^2) = \delta^2 + \mu^2$$

$$V(x) = E(x^2) - \{E(x)\}^2 = \delta^2$$

Caso se constatar que  $x$  tem distribuição normal, sabe-se apenas que sua distribuição probabilística é de um certo tipo ou família. Se reconhecer ainda  $E(x)$  e  $V(x)$  a distribuição da variável  $x$  estará completamente especificada.

2.5.1.2 DISTRIBUIÇÃO NORMAL REDUZIDA — Se  $x$  tiver a distribuição  $N(0,1)$ , afirma-se que  $x$  possui distribuição normal reduzida. Isto quer dizer que sua função de densidade probabilística será:

$$N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-x^2/2} \quad (16)$$

A importância da distribuição normal reduzida é que ela pode ser tabelada. Sempre que  $x$  tiver distribuição  $N(\mu, \delta^2)$  pode-se sempre obter a forma reduzida pela adoção de uma função linear  $x$ .

Para se obter o modelo reduzido toma-se o cociente entre os desvios  $(x - \mu)$  e o desvio padrão  $(\delta)$ . Assim, temos:

$$Z = \frac{(x - \mu)}{\delta} \quad Z = \frac{(x - \bar{x})}{S} \quad (17)$$

onde:

$Z$  = variável de resposta

$x$  = variável independente

$\bar{x}$  = média da amostra

$\mu$  = média da população

$S$  = desvio padrão da amostra

$\delta$  = desvio padrão da população.

SPIEGEL\*, citado por SILVA<sup>25</sup>, demonstra que esta distribuição tem média igual a zero e desvio padrão igual à unidade.

Demonstrando,

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \qquad Z = \frac{(x_i - \mu)}{\delta}$$

$N$  - valores observados;  $\mu$  - média

temos;

$$\mu_Z = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{N} \qquad \text{ou}$$

$$\mu_Z = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)}{\delta \cdot N} = \frac{1/\delta \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)}{N} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i) - \sum \mu}{\delta \cdot N}$$

$$\text{como } \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} = \mu \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^n \mu = N \cdot \mu,$$

---

\*SPIEGEL, M.P. Estadística, teoria e problemas resueltos.  
México, Mc-Graw Hill Book Co. Incorp., 1970, 357 p.

temos  $\mu_Z = \frac{\mu}{\delta} - \frac{\mu}{\delta} = 0$

O desvio padrão e a variância para a curva normal é obtido por:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{N}} \quad \delta^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{N} \quad (18)$$

e para a variável  $Z$  temos:

$$\delta_Z^2 = \frac{\sum (Z_i - \mu_Z)^2}{N} \quad (19)$$

substituindo  $Z_i$  temos:

$$\delta_Z^2 = \frac{\sum f \left\{ \frac{(x_i - \mu)}{\delta} - \mu_Z \right\}^2}{N} \quad \text{como} \quad \mu_Z = 0$$

$$\delta_Z^2 = \frac{\sum \left\{ \frac{(fx_i - \mu)}{\delta} \right\}^2}{N}$$

$$\delta_Z^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{\delta^2 \cdot N}$$

$$\delta_Z^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N} \cdot \frac{1}{\delta^2} ; \quad \delta_Z^2 = \frac{\delta^2}{\delta^2} = 1$$

O mesmo desenvolvimento acima é válido para a variância da amostra  $S^2$ .

Tendo a equação transformada a mesma característica da equação normal pode-se escrever

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-Z^2/2}$$

A área sob a curva é também neste caso igual à unidade

$$A = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-z^2/2} dz = 1 \quad (20)$$

Segundo ROBLES\*, citado por SILVA<sup>25</sup>:

"A diferença fundamental entre estes dois tipos de distribuição é que a equação reduzida expressa os desvios em termos de unidades de desvio padrão, enquanto que a normal expressa tais desvios nas mesmas unidades usadas para medir a magnitude do objeto em estudo".

MERRIL & FOX<sup>16</sup>, citam que na distribuição normal, aproximadamente 68% das observações estão dentro do intervalo de mais ou menos um desvio padrão da média, enquanto, aproximadamente 95% das observações estão dentro de um intervalo de dois desvios padrão da média. E que, aproximadamente 99% das observações estão entre mais ou menos três desvios padrão da média, como pode ser observado na Figura 2.

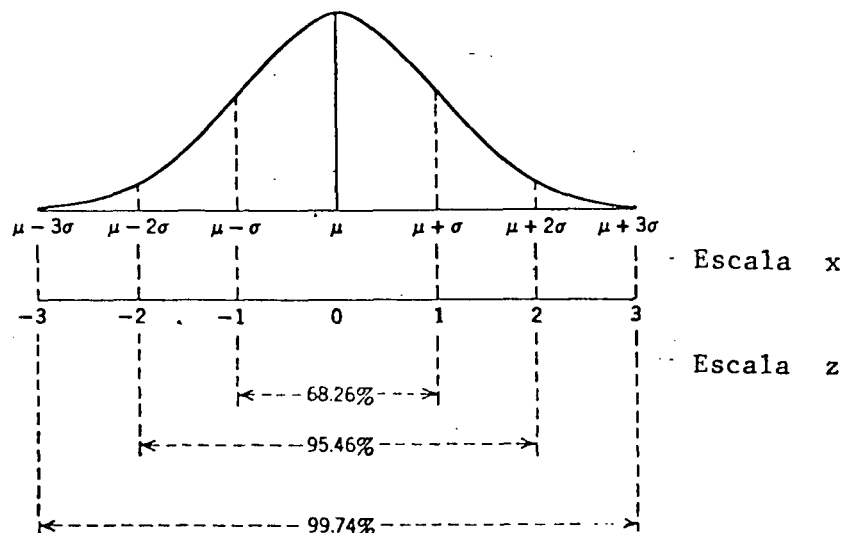


FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES NAS AMPLITUDES DE DESVIOS DA CURVA NORMAL.

\*ROBLES, C.A. Biometria y técnica experimental. Tucuman, Repub. Argentina, Universidade Nacional de Tucuman, 2ª ed., 1973, 286 p.



## 2.5.2 DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL

Segundo LINDGREN<sup>13</sup>, diz-se que uma variável aleatória  $x$  possui uma distribuição log-normal se o  $\ln x$  é normalmente distribuído, isto é, se  $x$  está na forma  $e^Y$  onde  $Y$  é normal.

As propriedades desta distribuição podem ser derivadas de distribuição normal. Em particular, a função de densidade é calculada como segue para  $x > 0$ :

$$f(x)^{(x)} = \frac{d}{dx} P(e^Y < x) = \frac{d}{dx} F_Y(\ln x)$$

$$\frac{1}{x} f_Y(\ln x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \delta x} \cdot \exp\left\{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\delta^2}\right\} \quad (21)$$

A  $\mu$  e  $\delta^2$  (média e variância) de  $Y$  normalmente distribuído, isto é, de  $\ln x$  são obtidos através de técnica dos momentos.

O  $k$  ésimo momento de  $x$  é expresso por:

$$E(x^k) = E(e^{ky}) = \exp\left(k\mu + \frac{1}{2} \delta^2 k^2\right)$$

Em particular,

$$E(x) = \exp\left(\mu + \frac{1}{2} \delta^2\right)$$

e

$$\begin{aligned} \text{Var}(x) &= E(x^2) - E(x)^2 \\ &= \{\exp(\delta^2) - 1\} \cdot \exp(2\mu + \delta^2) \end{aligned}$$

A Figura 3 mostra as funções de densidade probabilística da distribuição log-normal.

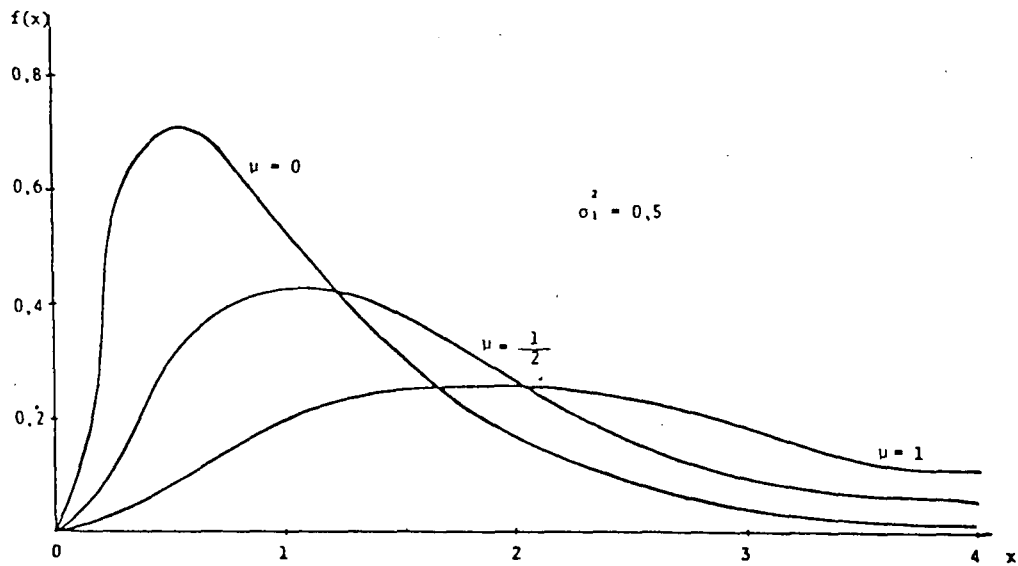


FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL

## 2.5.3 DISTRIBUIÇÃO GAMA

MEYER<sup>17</sup>, denota esta função por  $\Gamma$  e define:

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} x^{p-1} e^{-x} dx \quad \text{onde } p > 0 \quad (24)$$

Integrando esta função por partes e fazendo

$$e^{-x} dx = dv \quad \text{e} \quad x^{p-1} = u$$

obtem-se:

$$\begin{aligned} \Gamma(p) &= e^{-x} x^{p-1} \Big|_0^{\infty} - \int_0^{\infty} \{-e^{-x}(p-1)x^{p-2}\} dx \\ &= 0 + (p-1) \int_0^{\infty} e^{-x} x^{p-2} dx \\ &= (p-1) \cdot \Gamma(p-1) \end{aligned}$$

onde:

$\Gamma$  = gama

$x$  = variável aleatória

$e$  = base do logaritmo natural

$p$  = parâmetro da função.

Assim, mostra-se que a função Gama obedece a uma relação de recorrência.

Considerando  $p$  inteiro positivo;  $p = n$  e aplicando a equação anterior várias vezes, obtém-se:

$$\Gamma(n) = (n-1) \cdot \Gamma(n-1) \quad (25)$$

$$= (n-1) (n-2) \Gamma(n-2) \dots = (n-1)(n-2) \dots \Gamma(1)$$

$$\Gamma(1) = \int_0^{\infty} e^{-x} dx = 1$$

assim,

$$\Gamma(n) = (n-1)!$$

Pode-se considerar a função Gama como uma generalização da função fatorial:

$$\Gamma(1/2) = \int_0^{\infty} x^{-1/2} e^{-x} dx = \sqrt{\pi}$$

2.5.3.1 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE GAMA — Sendo uma variável aleatória contínua que tome somente valores não negativos, dir-se-á que  $x$  tem uma distribuição de probabilidade Gama, se sua função de densidade probabilística for dada por:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\Gamma(r)} (\alpha x)^{r-1} e^{-\alpha x} \quad \text{para } x > 0; = 0 \quad (26)$$

para quaisquer outros valores.

Esta distribuição depende de dois parâmetros,  $r$  e  $\alpha$ ,

dos quais se exige  $r \geq 1$ ,  $\alpha > 0$ .

Desta maneira, a equação acima poderá ser escrita da forma:

$$f(x) = \frac{\alpha}{(r-1)!} (\alpha x)^{r-1} \cdot e^{-\alpha x} \quad \text{para } x > 0$$

onde:

$$\Gamma(r) = (r-1)!$$

$f(x)$  = função de densidade probabilística

$r, \alpha$  = parâmetros da função

$e$  = base do logaritmo natural

$x$  = variável aleatória.

2.5.3.2 PROPRIEDADES DA DISTRIBUIÇÃO GAMA - Se  $r = 1$  a equação 26 adquire a forma  $f(x) = \alpha e^{-\alpha x}$ . Assim, pode-se verificar que a distribuição exponencial é um caso especial da distribuição Gama.

Se  $r$  for inteiro positivo maior que 1, a distribuição Gama também se relacionará com a distribuição exponencial, porém, de forma ligeiramente modificada.

MOOD, GRAYBILL & BOES<sup>18</sup>, apresentam o teorema: se tem distribuição Gama com parâmetros  $r$  e  $\alpha$ , então,

$$E(x) = r / \alpha \quad (27)$$

$$Var(x) = r / \alpha^2 \quad (28)$$

$$m_x(t) = \left( \frac{\alpha}{\alpha - t} \right)^r \quad (29)$$

para  $t < r$

Prova:

$$m_x(t) = E(e^{tx})$$

$$= \int_0^{\infty} \frac{\alpha^r}{\Gamma(r)} \cdot e^{tx} x^{r-1} e^{-\alpha x} dx$$

$$= \left(\frac{\alpha}{\alpha-t}\right)^r \int_0^{\infty} \frac{(\alpha-t)^r}{\Gamma(r)} \cdot x^{r-1} e^{-(\alpha-t)x} dx$$

$$= \left(\frac{\alpha}{\alpha-t}\right)^r$$

$$m'_x(t) = r\alpha^r (\alpha-t)^{-r-1}$$

e

$$m''_x(t) = r(r+1)\alpha^r (\alpha-t)^{-r-2}$$

ainda

$$E(x) = m'_x(0) = \frac{r}{\alpha}$$

$$Var(x) = E(x^2) - \{E(x)\}^2$$

$$= m''_x(0) - \left(\frac{r}{\alpha}\right)^2$$

$$= \frac{r(r+1)}{\alpha^2} - \left(\frac{r}{\alpha}\right)^2$$

$$= \frac{r}{\alpha^2}$$

Tem-se:

$$\bar{x} = r/\alpha \quad e$$

$$S^2 = r/\alpha^2$$

portanto

$$\hat{r} = (\bar{x} / S)^2 \tag{30}$$

$$\hat{\alpha} = S^2 / \bar{x} \tag{31}$$

Desta maneira, é pela Função Geradora de Momentos que se calcula os coeficientes  $r$  e  $\alpha$ .

Segundo RAO<sup>21</sup>, se  $\alpha = 1$  a média e a variância da variável Gama são iguais, como no caso da variável de Poisson.

NELSON<sup>19</sup>, obteve a estimativa dos parâmetros da distribuição Gama para ajuste da distribuição de diâmetros por:

$$r = \frac{1 + \sqrt{1 + 4 A/\beta}}{4A} \quad (32)$$

$$\alpha = \bar{x} / y \quad (33)$$

onde:

$$A = \log x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \quad (34)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$x$  = diâmetro da árvore

$r, \alpha$  = parâmetros da distribuição

A Figura 4 mostra algumas funções de densidade probabilística da distribuição Gama.

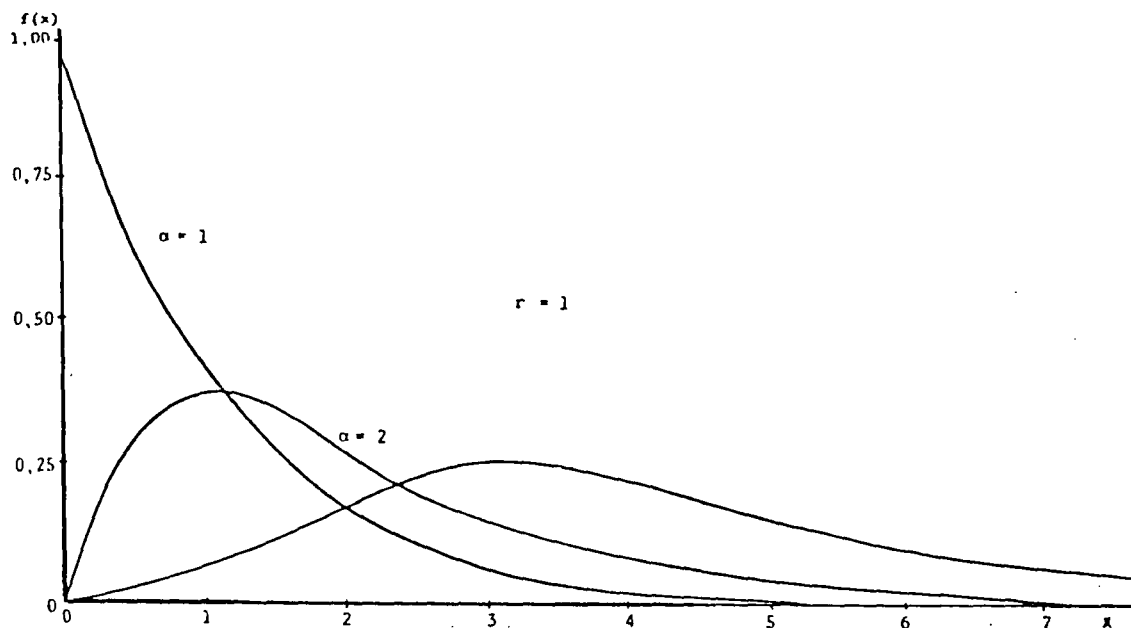


FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO GAMA

## 2.5.4 DISTRIBUIÇÃO BETA

LINDGREN<sup>13</sup>, cita que a função Beta origina-se do produto de duas funções de Gama.

MOOD; GRAYBILL & BOES<sup>18</sup>, definem a função Beta, considerando  $x$  uma variável aleatória com função de densidade do tipo

$$f_x(x) = f_x(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \quad (35)$$

onde:  $\alpha > 0$  e  $\beta > 0$ , então  $x$  é definido para ter distribuição Beta.

$\alpha$  e  $\beta$  - parâmetros a estimar

LINDGREN<sup>13</sup>, cita que para  $\alpha > 1$  e  $\beta > 1$  a curva é unimodal, com densidade máxima no valor  $x = (\alpha - 1) / (\alpha + \beta - 2)$ , tendo vários graus de *peakedness* (curva leptocúrtica) dependendo do tamanho de  $\alpha + \beta$  e vários graus de assimetria dependendo da proporção de  $\alpha$  para  $\beta$ .

Se,  $\alpha = \beta$  função simétrica

$\alpha = \beta = 1$  função de densidade uniforme em  $(0, 1)$

$\alpha < 1$  função infinita em  $x = 0$

$\beta < 1$  função infinita em  $x = 1$

$\alpha > 1$  função passa pela origem  $x^{r-1}$

$\beta > 1$  função passa através  $(1, 0)$  por  $(1-x)^{\beta-1}$

onde

$\alpha$  - variável aleatória

$\alpha, \beta$  - parâmetros da função Beta.

Na Figura 5 estão alguns exemplos da função de densidade probabilística da distribuição Beta.

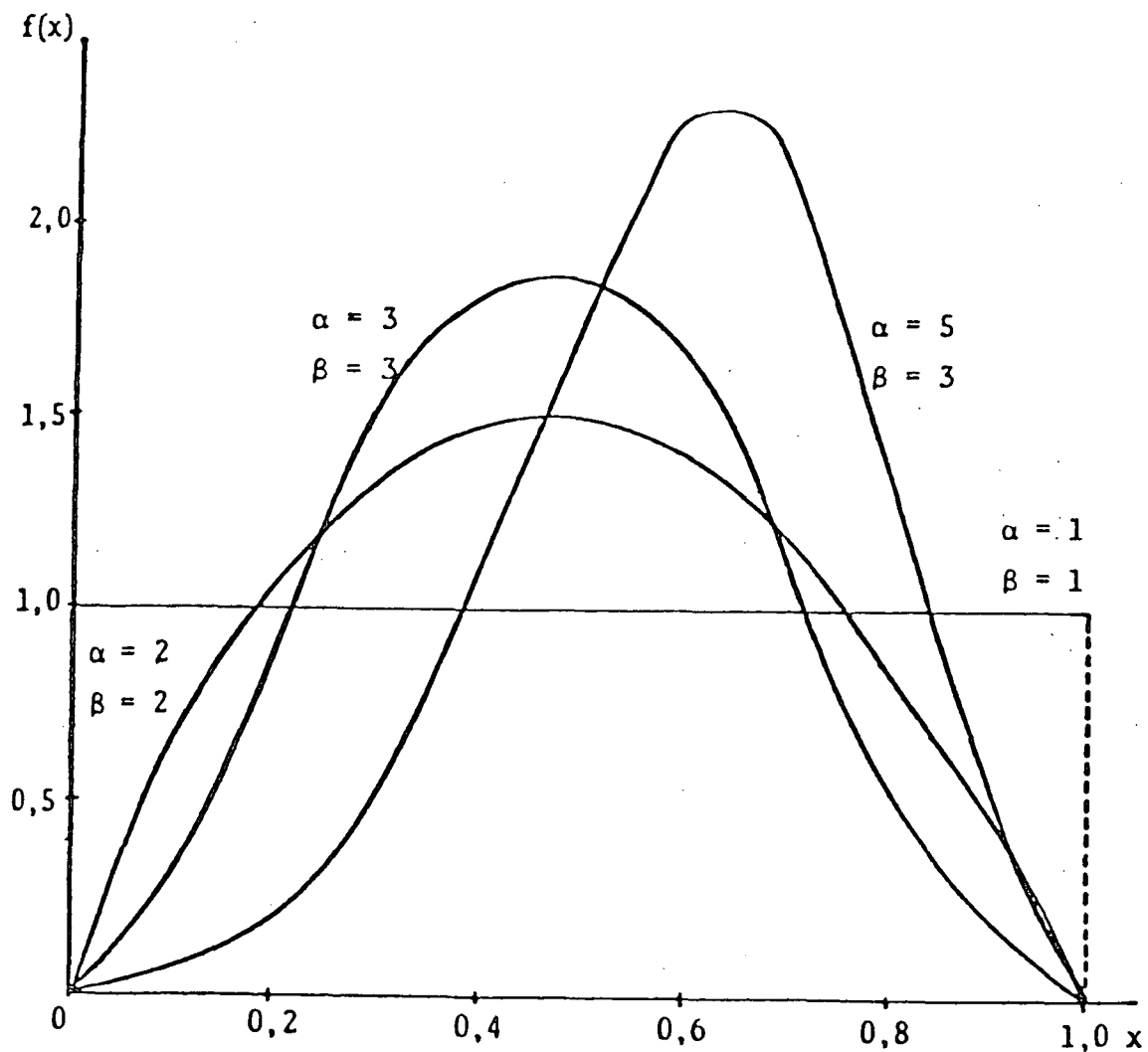


FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO BETA

A função Beta acumulativa segundo MOOD; GRAYBILL & BOES<sup>17</sup> é dada por:

$$f_x(x; \alpha, \beta) = I_{(0,1)}(x) \int_0^x \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \mu^{\alpha-1} (1-\mu)^{\beta-1} d\mu + I_{(1,\infty)}(x) \quad (36)$$

é, freqüentemente, chamada de Beta incompleta.

Os momentos da função Beta podem ser obtidos pelo seguinte teorema:

$$E(x) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (37)$$



$$Var(x) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha+\beta+1)(\alpha+\beta)^2} \quad (38)$$

Prova:

$$\begin{aligned} E(x^k) &= \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \int_0^1 x^{k+\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx \\ &= \frac{B(k+\alpha, \beta)}{B(\alpha, \beta)} = \frac{\Gamma(k+\alpha) \Gamma(\beta)}{\Gamma(k+\alpha+\beta)} \cdot \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha) \Gamma(\beta)} \\ &= \frac{\Gamma(k+\alpha) \Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha) \Gamma(k+\alpha+\beta)} \end{aligned}$$

assim,

$$E(x) = \frac{\Gamma(\alpha+1) \Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha) \Gamma(\alpha+\beta+1)} = \frac{\alpha}{\alpha+\beta}$$

$$\begin{aligned} Var(x) &= E(x^2) - \{E(x)\}^2 = \frac{\Gamma(\alpha+2) \Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha) \Gamma(\alpha+\beta+2)} - \left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right)^2 \\ &= \frac{(\alpha+1) \alpha}{(\alpha+\beta+1)(\alpha+\beta)} - \left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right)^2 = \frac{\alpha\beta}{(\alpha+\beta+1)(\alpha+\beta)^2} \end{aligned}$$

onde,

$K$  = valor do expoente

$\alpha, \beta$  = coeficientes da função Beta

$\Gamma$  = denota situação de recorrência.

Assim, usando o método dos momentos para calcular as estimativas dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição Beta, obtém-se:

$$\bar{x} = \hat{\alpha} / (\hat{\alpha} + \hat{\beta})$$

$$s^2 = \hat{\alpha} \hat{\beta} / \{ (\hat{\alpha} + \hat{\beta} + 1) (\hat{\alpha} + \hat{\beta})^2 \}$$

Desta forma temos:

$$\hat{\alpha} = \frac{\bar{x}\beta}{1-\bar{x}} \quad (39)$$

e

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x} - S^2}{S^2} \quad (40)$$

A família de função de densidade Beta é uma família de função de densidade de 2 parâmetros que é positiva no intervalo  $(0,1)$  e pode assumir uma variedade de diferentes formas, e conseqüentemente, a distribuição Beta pode assumir várias formas.

#### 2.5.5 DISTRIBUIÇÃO WEIBULL

Segundo JOHNSON & KOTZ<sup>9</sup>, uma variável  $x$  tem uma distribuição Weibull se existem os valores dos parâmetros  $c > 0$ ,  $b > 0$ .

Esta distribuição origina-se da distribuição exponencial.

BAILEY & BELL<sup>1</sup>, apresentam a função de densidade probabilística de dois parâmetros de Weibull para a variável aleatória  $x$ , como:

$$f(x) = (c/b) \cdot (x/b)^{c-1} \cdot \exp \{-(x/b)^c\} \quad (41)$$

para,

$$x \geq 0, \quad b > 0, \quad c > 0$$

A função de densidade probabilística do modelo de 3 parâmetros de Weibull para a variável aleatória  $x$  é:

$$g(y) = (c/b) \{(y-a)/b\}^{c-1} \cdot \exp \{-\{(y-a)/b\}^c\} \quad (42)$$

para,

$$y \geq 0, \quad b > 0, \quad c > 0, \quad a \geq 0$$

O parâmetro  $a$  é interpretado como a menor observação do evento que está em análise.

O parâmetro  $b$  caracteriza a escala da curva e  $c$  é o parâmetro forma, isto é, define o tipo de curva.

Assim, tem-se, segundo BAILEY<sup>2</sup>, para:

- $c > 1$  - curva hiperbólica negativa;
- $c = 1$  - distribuição exponencial;
- $1 < c < 3,6$  - distribuição em forma de monte e com assimetria positiva;
- $c = 2$  - distribuição de Rayleight, (um caso especial da distribuição de  $x$ );
- $c \approx 3,6$  - distribuição aproxima-se da distribuição normal;
- $c > 3,6$  - distribuição terá progressivamente maior assimetria negativa;
- $c \rightarrow \infty$  - distribuição projeta-se sobre um ponto selecionado.

A Figura 6 apresenta alguns exemplos da distribuição Weibull de 2 parâmetros.

EK; ISSOS; BAILEY<sup>6</sup>, apresentam a metodologia para encontrar o conjunto de parâmetros para uma distribuição com média quadrática especificada.

Para o modelo Weibull de três parâmetros, tem-se:

$$E(x^2) = b^2 \Gamma_2 + 2ab \Gamma_1 + a^2 \quad (43)$$

onde

$$\Gamma_k = \Gamma\left(1 + \frac{k}{c}\right)$$

A média quadrática da distribuição será dada por:

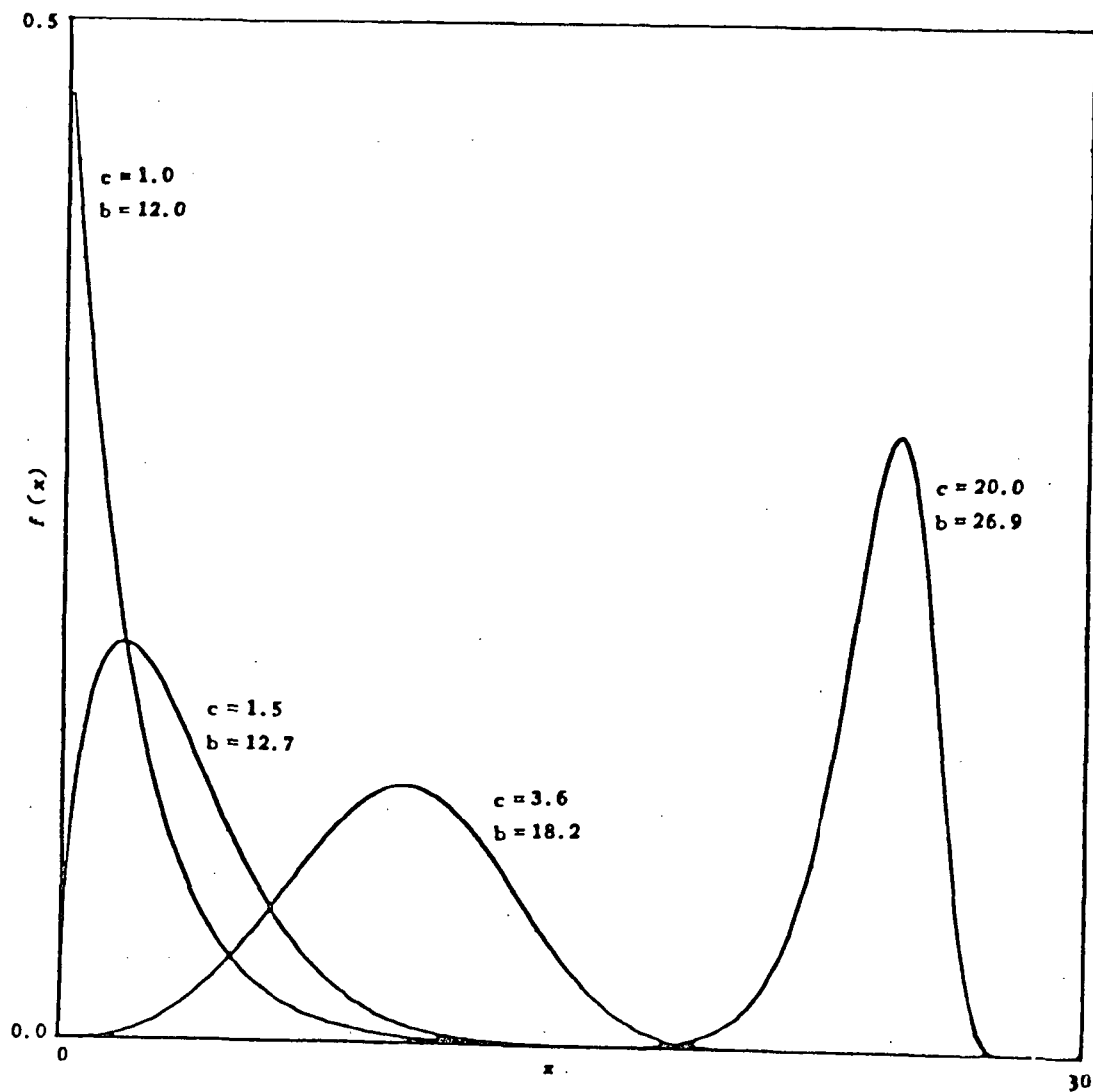


FIGURA 6 - DISTRIBUIÇÃO WEIBULL DE DOIS PARÂMETROS

$$\{E(x)^2\}^{1/2}$$

"a" e "b" são obtidos por:

$$a = -b \Gamma_1 + \{b^2 (\Gamma_1^2 - \Gamma_2) + E(x^2)\}^{1/2} \quad (44)$$

$$0 \leq a, \text{ se } b^2 < E(x)^2 / \Gamma_2$$

$$b = -(a \cdot \Gamma_1 / \Gamma_2) + \{(a^2 / \Gamma_2^2) (\Gamma_1^2 - \Gamma_2) + E(x^2) / \Gamma_2\}^{1/2} \quad (45)$$

$$0 \leq b, \text{ se } a < E(x^2)$$

Os autores apresentam uma tabela para se obter aproximações de "a" e "b". A especificação dos valores iniciais

deve ser fácil pois eles estão relacionados aos gráficos da função de densidade.

Quando "c" é desconhecido, não há solução explícita, entretanto, o valor de "c" é obtido por:

$$\{E(x^2) - a^2\}/b^2 = \Gamma_2 + (2a/b) \Gamma_1 \quad (46)$$

BAILEY<sup>2</sup>, usou o modelo Weibull de três parâmetros para ajustar dados de diâmetros para *Pinus radiata*, na Nova Zelândia.

Este modelo é, ligeiramente, modificado em relação ao modelo 42, anteriormente apresentado.

$$f(x) = cb^{-c}(x-a)^{c-1} \exp \{-\{(x-a)/b\}^c$$

$$a \leq x, \quad 0 < a, \quad 0 < b, \quad 0 < c$$

$$= 0 \quad e.o.c$$

Quando as derivadas parciais em relação a "b" e "c" são iguais a zero a equação para estimar "c" é:

$$\hat{c} = \left\{ \sum_{j=1}^{n_i} \ln(x_{ij} - \hat{a}_i) \right\} / n_i \quad (48)$$

$$\hat{b} = \left\{ \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \hat{a}_i)^{\hat{c}_i} / n_i \right\}^{1/\hat{c}_i} \quad (49)$$

onde:

$\ln$  = logaritmo natural

$x_{ij}$  = j-ésima amostra na idade i (j=1, 2, 3, 4 ...  
n<sub>i</sub>)

$\hat{a}$ ,  $\hat{b}$ ,  $\hat{c}$  = parâmetros a estimar

obs.: "a" é interpretado como o menor valor de diâmetro em cada idade.

2.5.6 DISTRIBUIÇÃO  $S_B$ 

JOHNSON\*, citado por JOHNSON & KOTZ<sup>9</sup>, descreveu, em 1949, distribuições transformadas para representar uma grande variedade de modelos de distribuição.

Um desses modelos, que é associado à distribuição log-normal, é chamado  $S_B$  e é apresentado, segundo COUTO<sup>5</sup>, por :

$$f(x) = \left\{ \frac{\delta \lambda}{\sqrt{2\pi} \cdot (x-\epsilon) \cdot (\lambda+\epsilon-x)} \right\} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \delta \cdot \ln\left\{\frac{(x-\epsilon)}{(\epsilon+\lambda-x)}\right\}\right]^2\right\} \quad (50)$$

$$\epsilon < x < \epsilon + \lambda$$

$$-\infty < \gamma < \infty$$

$$\lambda > 0; \delta > 0$$

onde :

$\epsilon$  - valor mínimo da variável aleatória

$\delta, \gamma, \lambda$  - parâmetros a serem estimados

Segundo HAFLEY & SCHREUDER\*\*, as distribuições Weibull, Lognormal, Gama, Normal, Beta e  $S_B$  são analisadas segundo a flexibilidade em relação ao quadrado da assimetria e à curtose. Dentre estas, a  $S_B$  e a Beta são as mais flexíveis (COUTO<sup>5</sup>).

COUTO<sup>5</sup>, usando a distribuição  $S_B$  para descrever dados de *Pinus caribaea* Var. *caribaea* em diferentes idades não obteve resultados satisfatórios.

A Figura 7 apresenta alguns exemplares da distribuição  $S_B$ .

\*JOHNSON, N.L. Systems of frequency curves generated by methods of translation, Biometric, 36, 149-176, 1949.

\*\*HAFLEY, W.L, & SCHREUDER, H.T. Statistical distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. Canadian Journal of Forest Research, 7(2) : 481-487.

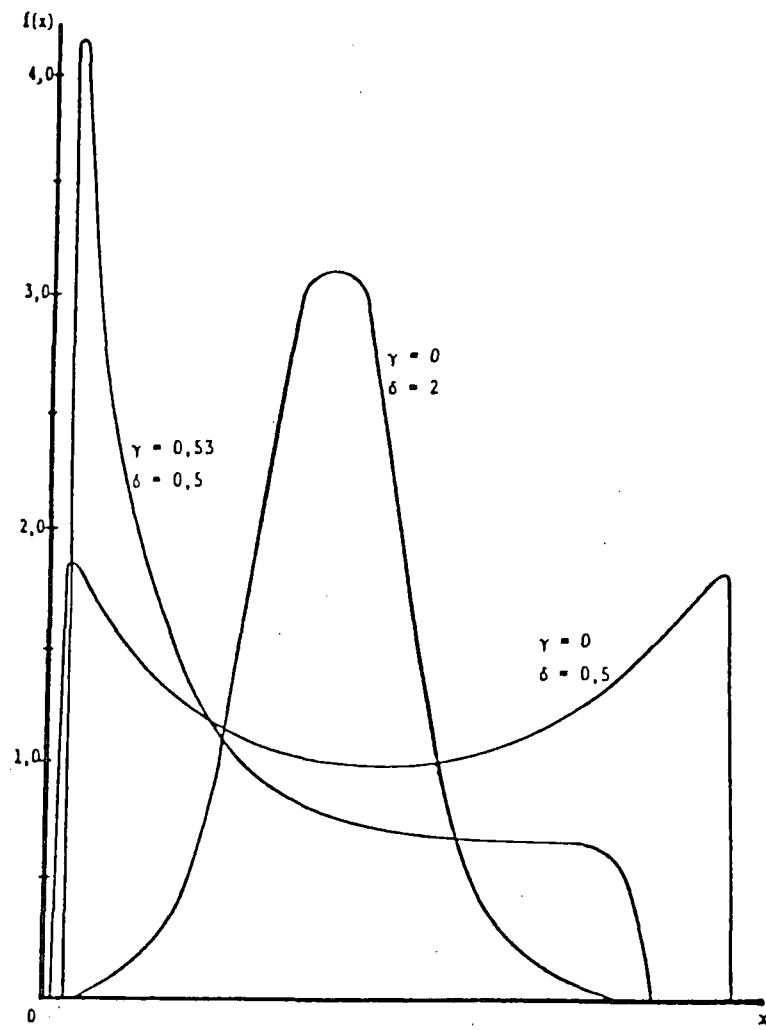


FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO  $S_B$

## 2.6 MOMENTOS, ASSIMETRIA E CURTOSE

Segundo SILVA<sup>25</sup>, o grau de assimetria é a falta de simetria de uma distribuição de frequência em relação à curva normal.

A distribuição será simétrica, se o coeficiente de assimetria for igual a zero, e o de curtose, igual a três.

O mesmo autor define o desvio que sofre a curva de frequência como cauda ou *skew*.

Se esta cauda for à direita da mediana, diz-se que a distribuição é assimétrica à direita. Se, ao contrário, esta cauda for à esquerda da mediana, esta distribuição será assimétrica à esquerda.

Os termos assimetria à direita e à esquerda ou negativa e positiva não são uniformemente aplicados e são, ocasionalmente, usados em sentido inverso (LOETSCH, et al.<sup>15</sup>).

PRODAN<sup>20</sup> e MERRIL & FOX<sup>16</sup>, citam que uma curva de frequência é simétrica se a sua moda, média, e a mediana coincidem.

Em distribuições assimétricas, estes três valores variam. Assim teremos assimetria à:

esquerda ou negativa se:

moda < mediana < média aritmética;

direita ou positiva se:

moda > mediana > média aritmética.

PRODAN<sup>20</sup> e SPIEGEL<sup>27</sup>, apresentam o primeiro e segundo coeficiente de assimetria de Pearson.

$$A = \frac{\bar{x} - \text{moda}}{s} \quad (51)$$



para evitar o cálculo da moda, usa-se:

$$A = \frac{3(\bar{x} - \text{mediana})}{S} \quad (52)$$

onde:  $A$  - coeficiente de assimetria

$\bar{x}$  - média aritmética

$S$  - desvio padrão

Os momentos, segundo SILVA<sup>25</sup>, MERRIL & FOX<sup>16</sup>, são a medida mais usual do grau de assimetria de uma distribuição.

$$\alpha_3 = \frac{m_3}{S^3}$$

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^n f x_i (x_i - \bar{x})^3}{N}$$

onde:  $\alpha_3$  = coeficiente de assimetria

$m_3$  = momento de ordem 3

$S$  = desvio padrão

$x_i$  = cada observação

$\bar{x}$  = média aritmética

$N$  = freqüência total.

Curtose é definida no manual do SPSS<sup>28</sup> (*Statistical Package for the Social Sciences*) como uma medida de achatamento relativo ou elevação relativa da curva em relação à curva normal.

Para uma curva normal, o coeficiente de curtose será zero. Se este coeficiente for positivo, a distribuição é mais elevada que a distribuição normal, e se for negativo, indicará uma curva mais achatada.

SPIEGEL<sup>26</sup>, SILVA<sup>25</sup>, MERRIL & FOX<sup>16</sup> citam que a curva será simétrica se o seu coeficiente de curtose for igual a 3.

Esta diferença de valor padrão entre os autores se deve ao processo de cálculo.

SPIEGEL<sup>26</sup>, SILVA<sup>25</sup>, MERRIL & FOX<sup>16</sup>, usam o quarto momento para calcular o coeficiente de curtose.

Assim,

$$\alpha_4 = \frac{m_4}{m_2^2} \qquad \alpha_4 = \frac{m_4}{S_4^4} \qquad (55)$$

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{N} \qquad (56)$$

onde:

$\alpha_4$  = coeficiente de curtose

$S$  = desvio padrão

$x_i$  = cada observação

$\bar{x}$  = média aritmética

$N$  = frequência total.

O pacote de computação SPSS<sup>28</sup> também usa o quarto momento para determinar este coeficiente, porém, subtrai três no final do processo, obtendo assim  $\alpha_4$  igual a zero para a curva normal.

SILVA<sup>25</sup>, define três tipos de curvas em relação à curtose:

- Leptocúrtica é a curva que apresenta um cume mais pontiagudo que a curva normal. Tem excesso positivo, isto é,  $\alpha_4$  maior que 3.
- Platicúrtica é a curva mais achatada. Tem excesso negativo e  $\alpha_4$  menor que 3.
- Mesocúrtica é a curva intermediária.

## 2.7 ESTATÍSTICAS DE AJUSTE E PRECISÃO PARA SELECIONAR O MELHOR MODELO DE REGRESSÃO.

### 2.7.1 ESTATÍSTICA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV

KENDALL & STUART<sup>11</sup>, definem esta estatística como sendo a diferença máxima absoluta entre a frequência observada acumulada ( $F_n(x)$ ) e a frequência calculada acumulada ( $F_o(x)$ )

Esta é denotada por :

$$d = \sup_x | F_n(x) - F_o(x) | \quad (57)$$

Onde :

$d$  = diferença máxima absoluta

$F_n(x)$  = frequência observada acumulada

$F_o(x)$  = frequência calculada acumulada

Pode-se ver, claramente, que " $d$ " é o valor da maior diferença vertical entre os pontos de  $F_n(x)$  e  $F_o(x)$ , quando estes são plotados como ordenados contra  $x$ , como abcissa.

Da mesma forma, qualquer transformação de  $x$ , poderá não afetar a diferença vertical para qualquer ponto e assim o valor se " $d$ " não será afetado.

### 2.7.2 ESTATÍSTICA DE CRAMER - VON MISES - SMIRNOV

Este teste é baseado nos desvios da distribuição de  $F_n(x)$  e da função de distribuição de  $F_o(x)$ .

KENDALL & STUART<sup>11</sup>, denotam este teste por :

$$W^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (F_n(x) - F_o(x))^2 \cdot dF_o(x) \quad (58)$$

$$e, \quad F_n(x) = \begin{cases} 0, & x < x_{(1)}, \\ \frac{r}{n}, & x_{(r)} \leq x < x_{(r+1)}, \\ 1, & x_{(n)} \leq x \end{cases}$$

onde :  $x_{(r)}$  = observações arranjadas,  $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$

$F_n(x)$  = frequência observada acumulada

$F_o(x)$  = frequência calculada acumulada

Os mesmos autores citam que a média e a variância de  $W^2$  não dependem da frequência calculada ( $F_o$ ), assim, o teste é completamente livre de distribuição para qualquer  $n$ .

Isto pode ser verificado, aplicando-se a transformação da probabilidade integral para  $x$  na equação 58, obtendo-se assim :

$$W^2 = \int_0^1 (F_n(y) - y)^2 dy \quad (59)$$

O limite da distribuição de  $nW^2$  terá média e variância assintótica de ordem zero em  $n$ .

A exata teoria de  $nW^2$  para  $n$  finito é desconhecida , mas SMIRNOV\*, citado por KENDALL & STUART<sup>11</sup> , mostrou que o seu limite é :

$$\phi(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} E\{\exp(itnW^2)\} = \left\{ \frac{(2it)^{1/2}}{\operatorname{seno}[(2it)^{1/2}]} \right\}^{1/2}$$

ANDERSON & DARLING\*\*, inverteram  $\phi(t)$  e tabularam o limite da distribuição na forma inversa, dando os valores exedentes a  $nW^2$ . Estes valores são 0,347; 0,461 ; 0,743 ; 1,168

\*SMIRNOV, N.V. Sur la distribution de  $W^2$ . C.R. Acad. Sci. , Paris, 1936, 202, 449.

\*\*ANDERSON, T.W. & DARLING, D.A. A test of goodness of fit., J.Amer. Statist. Ass., 49 s.l., 1954.

para 0,10; 0,05; 0,01; 0,001 graus de probabilidade, respectivamente (KENDALL & STUART<sup>11</sup>).

### 2.7.3 ESTATÍSTICA DE QUI - QUADRADO

Esta distribuição proporciona, segundo MERRIL & FOX<sup>16</sup>, YAMANE<sup>31</sup>, um método para comparar os resultados esperados e observados e determinar se estes estão suficientemente próximos dos resultados esperados de forma a justificar a conclusão de que o dado é ou não "honesto".

Sua fórmula é :

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Fn - Fo)^2}{Fe} \quad (60)$$

onde :

$k$  = número de classes

$Fn$  = frequência observada

$Fe$  = frequência calculada

As características desta distribuição, segundo MERRIL & FOX<sup>16</sup>, são :

- a variável  $X^2$  não pode ser negativa, porque é a soma de números positivos.

- a média cresce à medida que o número de graus de liberdade aumenta.

- a distribuição  $X^2$  é uma distribuição contínua, cuja forma e locação dependem do número de g.l.

- quando o número de g.l. é pequeno a distribuição  $X^2$  é assimétrica para a direita.

- a média dos valores  $X^2$  é igual ao número de g.l.  $V$  e a variância igual a  $2V$ .

- a distribuição  $X^2$  com mais de 100 g.l. é aproximadamente normal.

RIGGS<sup>22</sup>, cita que de maneira grosseira o teste é mais real, quando o número de classes ( $k$ ) é maior, porém, com a restrição de que a frequência observada em cada intervalo deverá ser igual ou superior a 5.

A conclusão sobre a diferença estatística significativa entre duas distribuições é feita por comparação do  $X^2$  calculado com o  $X^2$  tabulado em um nível  $\alpha$  de probabilidade e com  $V$  g.l. (onde  $V = k-1$ ).

Pequenos valores de  $X^2$  estão associados com um agrupamento entre a frequência observada e esperada, valores grandes indicam uma discrepância.

#### 2.7.4 DESVIOS ABSOLUTOS

Os desvios absolutos são definidos como :

$$D.A = \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| \quad (61)$$

onde :  $\bar{x}$  = média aritmética de um conjunto de números.

$|x_i - \bar{x}|$  = significa que todas as diferenças entre cada observação e a média são consideradas positivas.

Os desvios absolutos fornecem a quantidade de variação em relação à média aritmética.

Caso os desvios absolutos forem divididos pelo número de observações " $n$ ", teremos os desvios absolutos médios, os

quais são a média da variação total.

Em análise de regressão o valor da média " $\bar{x}$ " é substituído pelo valor ajustado para cada  $x_i$  observado.

Valores grandes de  $D.A.$  indicam uma discrepância entre os valores observados e os ajustados.

#### 2.7.5 DESVIOS ABSOLUTOS PONDERADOS

Os desvios absolutos ponderados são definidos pela fórmula :

$$D.P = \sum_{i=1}^n |x_i - \hat{x}_i| \cdot \hat{x}_i \quad (62)$$

onde :  $x_i$  = valor observado

$\hat{x}_i$  = valor estimado

A multiplicação da expressão contida no módulo pelo termo  $\hat{x}_i$ , permite a ponderação em relação ao valor estimado.

Valores grandes de  $D.P.$  indicam discrepância entre os valores observados e os ajustados pela função de distribuição.

#### 2.7.6 ESTATÍSTICA DO LOGARÍTMO DA PROBABILIDADE

Supondo a função de densidade :

$$Y(X|\theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i|\theta) \quad (63)$$

O logarítmo da probabilidade pode ser escrito :

$$L(X|\theta) = \ln y(X|\theta) = \sum_{i=1}^n \ln f(x_i|\theta) \quad (64)$$

Segundo LINDLEY<sup>14</sup>, sendo  $X$  uma amostra aleatória, os valores amostrados tem a mesma densidade  $f(x_i|\theta)$  para o mesmo  $\theta$  e para todo o  $i$ .

Este valor de  $\theta$  é denotado por  $\hat{\theta}$  e refere-se ao verdadeiro valor de  $\theta$  que é desconhecido.

Assim, para cada  $\theta$ , os valores de  $\ln f(x|\theta)$ , são variáveis aleatórias independentes com distribuição comum dependente de  $\theta$  e sua média converge poderosamente para o valor da sua expectância.

Por definição :

$$E\{\ln f(x_i|\theta)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \ln f(x_i|\theta) \cdot f(x_i|\hat{\theta}) dx_i \quad (65)$$

assim :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \{n^{-1} L(X|\theta)\} = E\{\ln f(x_i|\theta)\} \quad (66)$$

Em palavras a equação 66 diz que para grandes amostras, o logarítmo da probabilidade transforma-se em uma constante, onde esta constante é a expectância de (65).

Assim, o valor do logarítmo da probabilidade tende a valor baixo quanto melhor for o estimador de  $\theta$  e mais uniforme for a distribuição sobre a linha real.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA ESPÉCIE

A principal espécie de acácia plantada no Rio Grande do Sul é a *Acácia mearnsii* de Wild , conforme PIO CORREA\*, SCHERRY\*\*, citados por SCHNEIDER<sup>23</sup>. Esta espécie tem porte arbóreo, atingindo de 10 a 30m de altura, possui folhagem verde escura, folhas compostas, bipenadas de folíolos individuais mais curtos do que largos.

Sua distribuição ocorre no Sudeste da Austrália Continental e também na Tasmânia. Na África do Sul, é plantada em escala comercial para a produção de tanino.

Segundo SCHERRY\*\*, esta espécie possui um teor de tanino na casca superior a 30%, é de rápido crescimento tendo seu aproveitamento industrial aos 8 anos produzindo 200m<sup>3</sup> de madeira e 13.000kg de casca por ha, em média, com 2.500 árvores, TANAC S.A.\*\*\*, citado por SCHNEIDER<sup>23</sup>.

---

\*PIO CORREA, M. Dicionário das plantas úteis do Brasil, e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional , 1926. 1ª V., 747 p.

\*\*SCHERRY, S.P. The Black Wattle *Acácia mearnsii*. Pieter Moritzburg, University of Natal Press, 1971. 402 p.

\*\*\*TANAC S.A. Acácia negra. Montenegro, "s.d."

O tanino que é extraído da casca da acácia negra tem várias aplicações das quais se destacam no curtimento de couros, na produção de agentes anti-corrosivos, nas perfurações petrolíferas e no tratamento de águas.

A madeira é largamente utilizada na fabricação de celulose, papel, rayon, polpa e madeira aglomerada.

### 3.2 LOCALIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS

Os dados para este trabalho foram coletados nos povoa-mentos de propriedade da TANAC S.A., com sede em Montenegro, Rio Grande do Sul, para elaboração de Modelos de Equações e Tabelas para avaliar o peso de casca da acácia negra, *Acacia mearnsii* de Wild.

Os dados foram coletados nas fazendas Dona Bernarda e Posto com área de 1.529,4ha e 1.189,1ha situadas nos municí-pios de Triunfo e General Câmara, respectivamente. Estes mu-nicípios localizam-se à leste da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, nas coordenadas geográficas de 30° de latitude sul e 52° de longitude oeste.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DOS POVOAMENTOS

Os plantios foram feitos manualmente, em curva de ní-vel com espaçamento médio de 3,00m entre linhas e 1,33m na linha com um total de 2,500 árvores por ha.

Os dados foram coletados em povoamentos com idade de 3,5 a 7,5 anos.

### 3.4 CONDIÇÕES ECOLÓGICAS REGIONAIS

O clima da região, segundo Koeppen, é do tipo Cfa, subtropical (MAGNANINI\*, MORENO\*\*), citado por SCHNEIDER<sup>23</sup>. Não ocorre "déficit" hídrico, com chuvas bem distribuídas durante o ano.

A temperatura média anual é de 19,7°C. A média anual das mínimas foi de 14,2°C para o período de 1967-1972 e a média anual das máximas foi de 25,6°C, no período de 1912 a 1942 (RIO GRANDE DO SUL, Secretaria da Agricultura\*\*\*), citado por SCHNEIDER<sup>23</sup>.

A estrutura geológica da região é permotriássica, sendo o arenito triássico o predominante. Assim, os solos são arenosos e saibrosos com baixo teor de sedimentos paleozóicos.

### 3.5 AMOSTRAGEM

O processo de amostragem foi inteiramente aleatório.

Através de mapas em escala 1:10.000 selecionou-se os talhões, distribuídos por fazendas, idade e número de amostras.

Localizados os talhões nos mapas e no campo, confec-

---

\*MAGNANINI, R.L.C. Mapa Climático. In BRASIL. Conselho Nacional de Geografia. Geografia do Brasil; Grande Região Sul. Rio de Janeiro, 1963, 152 p.

\*\*MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Oficinas gráficas da Secretaria da Agricultura, RS, 1961, 34 p.

\*\*\*RIO GRANDE DO SUL, Secretaria da Agricultura. Distrito Florestal. Porto Alegre, 1975, 210 p.

cionou-se um eixo de coordenadas, em papel milimetrado, com o objetivo de localizar as amostras. A escala da abcissa foi dimensionada para o comprimento de amostra e a ordenada para a largura.

Assim, uma amostra era escolhida com dupla aleatorização, isto é, sorteava-se um ponto para a abcissa e após outro para a ordenada. O encontro dos pontos sorteados correspondia ao centro das amostras.

A parcela média 25 e 16m de comprimento e largura respectivamente, perfazendo 400m<sup>2</sup> de área amostral.

Os dados amostrados foram transformados para unidade de área nas classes de frequência correspondentes.

### 3.6 NÚMERO DE AMOSTRAS

SCHNEIDER<sup>23</sup>, seguiu a metodologia proposta por PRODAN<sup>20</sup> para o cálculo do número de amostras, isto é, considerando o coeficiente de variação do povoamento, área do povoamento e tamanho da amostra.

O povoamento com coeficiente de variação em torno de 18% foi tomado como base para determinar o número de amostras por talhão.

Este coeficiente de variação correspondia aos povoamentos com 7,5 anos, onde ocorreu o maior valor.

Os povoamentos de 7,5 anos receberam 15 unidades amostrais, e nas demais idades, tomou-se sistematicamente 12 unidades amostrais, devido a um menor coeficiente de variação. Assim, 63 unidades amostrais foram levantadas e distribuídas

por idade.

### 3.7 MEDIDAS TOMADAS

Mediu-se as CAP com casca de todas as árvores das parcelas amostrais usando a fita métrica com aproximação em centímetros.

Posteriormente, foi feita, através de cálculo a transformação dos CAP c/c em DAP c/c para serem utilizados nos ajustes das distribuições.

### 3.8 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DAS FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

O ajuste das distribuições Normal, Log-normal, Gama, Weibull, SB e Beta foi feito pelo pacote de computação *Maximum Likelihood Estimation for Selected Distributions - MLESD*.

A estimação dos parâmetros da distribuição Normal e Log-normal é feita por solução analítica. As fórmulas usadas pelo programa são:

Normal -

$$f(x) = 1/(\sqrt{2\pi} \cdot \delta_1) \exp\{-1/2(x - \mu_1)^2/\delta_1^2\} \quad (67)$$

onde:

$$-\infty < x < +\infty$$

$$-\infty < \mu_1 < +\infty$$

$$\delta_1 > 0$$

sendo:

$x$  - variável observada

$\mu_1$  - média aritmética

$\delta_1$  - desvio padrão

Log-normal -

$$f(x) = 1/\{\delta_2(x-\varepsilon)\sqrt{2\pi}\} \exp\{-1/(2\delta_2^2)\{\ln(x-\varepsilon)-\mu_2\}^2\} \quad (68)$$

onde:  $x > \varepsilon$

$\delta_2 > 0$

$-\infty < \mu_2 < +\infty$

$-\infty < \varepsilon < +\infty$

sendo:

$x$  - variável aleatória

$\varepsilon$  - menor valor da variável observada

$\mu_2$  - média aritmética do logaritmo da variável observada

$\delta_2$  - desvio padrão da variável logaritmizada.

Para encontrar os estimadores de máxima probabilidade dos parâmetros da distribuição Gama é usado um esquema iterativo proposto por BROWN\* para obter um conjunto de equações não lineares simultâneas. O programa usa a sub-rotina ZSYSTEM da IMSL (*International Mathematical Statistical Library, Inc.*). Esta sub-rotina baseia-se no processo de BROWN\* e é usada com os valores iniciais dos parâmetros no processo de iteração.

---

\*BROWN, K.M. A quadratically convergent Newton-like method based upon Gaussian elimination. SIAM J. Numer. Anal. 6(4):560-9, 1969.

A fórmula usada para a distribuição Gama é:

$$f(x) = 1/(\beta^\alpha \Gamma(\alpha)) (x-\epsilon)^{\alpha-1} \exp\{-(x-\epsilon)/\beta\} \quad (69)$$

onde:

$$x > \epsilon$$

$$-\infty < \epsilon < +\infty$$

$$\alpha, \beta > 0$$

sendo

$x$  - variável observada

$\alpha, \beta$  - parâmetros a estimar

$\epsilon$  - menor valor da variável observada

Na distribuição Weibull, o método de BROWN\* é usado para obter o estimador de máxima probabilidade do parâmetro forma "c". Para o início da iteração, o estimador de MENON\*\* é usado como primeiro valor de "c" na iteração.

O estimador do parâmetro escala, "b", é então determinado pela equação da reta usando o estimador de máxima probabilidade de "c".

A fórmula usada é:

$$f(x) = \frac{c}{\beta} \{(x - \epsilon)/\beta\}^{c-1} \exp\{-\{(x - \epsilon)/\beta\}^c\} \quad (70)$$

onde:

$$x \geq \epsilon$$

$$-\infty < \epsilon < +\infty$$

$$c, \beta > 0$$

---

\*BROWN, K.M. A quadratically convergent Newton-like method based upon Gaussian elimination. SIAM J. Numer. Anal. 6(4):560-9, 1969.

\*\*MENON, M.V. Estimation of the shape and scale parameters of the Weibull distribution, Technometrics 5, 175-182, 1963.

sendo:

$x$  - variável observada

$\epsilon$  - menor valor da variável observada

$\alpha, \beta$  - parâmetros a estimar.

As distribuições Beta e  $S_B$  necessitam da estimação dos limites superiores e inferiores para iniciar a estimação dos seus dois parâmetros. O programa usa o processo de Fibonacci para obter o valor do limite superior que, em combinação com os estimadores dos parâmetros, maximiza a função de probabilidade.

Para a distribuição Beta e  $S_B$ , o intervalo de classe contendo o máximo estimado será considerado como a última classe de distribuição e as classes seguintes, se houverem, serão desconsideradas.

Na distribuição Beta, os estimadores calculados pelo método dos momentos são usados como valores iniciais no processo iterativo e para cada valor do limite superior o método de BROWN\* é usado para estimar os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ .

Na distribuição  $S_B$ , para cada valor do limite superior, os estimadores dos parâmetros  $\gamma$  e  $\delta$  são calculados por regressão linear, segundo JOHNSON\*\*, citado por SCHREUDER, HAFLEY, WITEHORNE, DARE<sup>24</sup>.

As fórmulas usadas para a distribuição  $S_B$  e Beta são, respectivamente:

---

\*BROWN, K.M. A quadratically convergent Newton-like method based upon Gaussian elimination. SIAM J. Numer. Anal. 6(4):560-9, 1969.

\*\*JOHNSON, N.L. Systems of frequency curves generated by methods of translation. Biometrika 36:149-176, 1949.



$$f(x) = \delta\lambda / \{\sqrt{2\pi} (x-\varepsilon)(\lambda+\varepsilon-x)\} \exp\{-1/2\{\gamma+\delta\ln(x-\varepsilon)/(\varepsilon + \lambda - x)\}^2\} \quad (71)$$

onde:

$$\begin{aligned} \varepsilon &< x < \varepsilon + \lambda \\ -\infty &< \gamma < \infty \\ \lambda &> 0, \quad \delta > 0 \text{ (por convenção)} \end{aligned}$$

sendo:

$x$  - variável observada  
 $x$  - menor valor da variável observada  
 $\delta, \lambda, \gamma$  - parâmetros a estimar

$$f(x) = (x - \varepsilon)^{\alpha-1} (b - x)^{\beta-1} / (b - \varepsilon)^{\alpha+\beta-1} \quad (72)$$

onde:

$$\begin{aligned} \varepsilon &\leq x \leq b = x_{max} \\ \alpha, \beta &> 0 \\ -\infty &< \varepsilon < b < \infty \end{aligned}$$

sendo:

$x$  - variável observada  
 $\varepsilon$  - menor valor da variável observada  
 $\alpha, b, \beta$  - parâmetros a estimar.

A saída do programa inclui o valor mínimo e máximo observado, média, variância, desvio padrão, o índice da assimetria e curtose, assimetria quadrática.

Para cada distribuição ajustada, no *output* encontram-se os parâmetros estimados, a tabela de probabilidade prognosticada e observada, a probabilidade cumulativa e as frequências por classe.

### 3.9 AJUSTE DAS DISTRIBUIÇÕES

#### 3.9.1 MEDIDAS DE AJUSTES

As frequências observadas e prognosticadas são comparadas por várias medidas de ajuste. Seis estatísticas de ajuste são calculadas.

Qui-quadrado

$$X^2 = \sum_{i=1}^n (n f_i - n F_i)^2 / (n \cdot F_i) \quad (73)$$

Kolmogorov-Smirnov

$$d = \sup_i | S_{ni} - A_i | \quad (74)$$

Cramer-Von Mises-Smirnov

$$W^2 = \sum_{i=1}^n (S_{ni} - A_i)^2 \cdot F_i \cdot n \quad (75)$$

Logarítmo da Probabilidade das Distribuições :

- Normal

$$\ln L = - \frac{n}{2} (1 + \ln 2\pi + \ln \delta_1^2) \quad (76)$$

- Log-normal

$$\ln L = - \frac{n}{2} (1 + \ln 2\pi + \ln \delta_2^2 + \mu_2) \quad (77)$$

- Gama

$$\ln L = -n \{ \alpha \ln \beta + \ln \Gamma(\alpha) - (\alpha-1) \cdot \mu_2 + \mu_1/\beta \} \quad (78)$$

- Weibull

$$\ln L = -n \{ (1-c-1) \mu_2 + (c-1) \ln \beta - \ln c/\beta \} \quad (79)$$

- SB

$$\ln L = -n \left\{ 1/2 - \ln(\delta \cdot \lambda) - \ln \sqrt{2\pi} + \sum_{i=1}^n f_i \cdot \ln(\epsilon + \lambda - x_i) + \sum_{i=1}^n f_i \ln(x_i - \epsilon) \right\} \quad (80)$$

- Beta

$$\ln L = -n \left\{ \ln \left\{ \Gamma(\alpha + \beta) / \Gamma(\alpha) \Gamma(\beta) \right\} - (\alpha + \beta - 1) \cdot \ln(b - \epsilon) + (\alpha - 1) \sum_{i=1}^n f_i \ln(x_i - \epsilon) + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n f_i \ln(b - x_i) \right\} \quad (81)$$

Desvios absolutos

$$D = \sum_{i=1}^n |f_i - F_i| \cdot n \quad (82)$$

Desvios absolutos ponderados

$$DP = \sum_{i=1}^n |f_i - F_i| \cdot n \cdot F_i \quad (83)$$

onde:

- $f_i$  - probabilidade observada na classe  $i$
- $F_i$  - probabilidade calculada na classe  $i$
- $n$  - freqüência total
- $S_{ni}$  - probabilidade observada acumulada na classe  $i$
- $A_i$  - probabilidade calculada acumulada na classe  $i$
- $\delta_1$  - desvio padrão
- $\delta_2$  - desvio padrão da variável logaritmizada
- $\mu_1$  - média aritmética
- $\mu_2$  - média aritmética da variável logaritmizada.

### 3.9.2 ESTATÍSTICAS USADAS PARA A SELEÇÃO DO MELHOR MODELO DE REGRESSÃO

Cada uma das estatísticas calculadas recebe uma classificação quanto ao ajuste. Esta classificação, muitas vezes, difere, pois várias estatísticas enfatizam diferentes aspectos do ajuste. Por este motivo, SCHREUDER, et al<sup>24</sup>, recomendam comparar as distribuições em bases de L.P. (Logarítmos da Probabilidade) e usar o teste K-S (Kolmogorov-Smirnov) para testar o melhor ajuste.

Outra observação, é que o teste Qui-quadrado não pode ser calculado para qualquer classe que tenha menos que cinco observações, pois o valor pode não ser real. Como a ocorrência de classes com menos que cinco observações é muito comum, esta estatística deve, segundo os autores, ser evitada.

Desta maneira, seguindo a sugestão dos autores, classificou-se os ajustes em relação ao teste de Kolmogorov-Smirnov e ao Logarítmo da Probabilidade.

No caso de ocorrer que a melhor equação, segundo a estatística de L.P., é uma e pelo teste de K-S é outra procurou-se decidir pela equação que melhor satisfaça as duas estatísticas e que tenha o menor valor para os D.A. (Desvios Absolutos). Assim, seleciona-se como melhor equação aquela que apresenta o menor valor para K-S e, simultaneamente, o maior para L.P..

O critério de seleção que leva em consideração a simplicidade de cálculo entre duas equações distintas e com estatísticas de precisão e ajuste semelhantes não foi considerada, pois todas as distribuições constam do pacote de computação "MLESD".

### 3.10 ANÁLISE DE ASSIMETRIA E CURTOSE

Devido aos termos assimetria à direita , à esquerda , negativa ou positiva não serem uniformemente usados, considerou-se, neste trabalho, que : a curva será assimétrica à direita ou negativa, se o seu coeficiente de assimetria calculado for negativo, e assimétrica à esquerda ou positiva , se o coeficiente de assimetria for positivo. (SPSS<sup>28</sup>).

Quanto ao estudo de curtose, considerou-se como curva platicúrtica as curvas que apresentaram coeficiente de curtose menor que 3 e como curva leptocúrtica a que teve coeficiente maior que 3.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados a seguir estão agrupados por idade, motivo pelo qual os títulos dos quadros tornaram-se repetitivos.

Optou-se por esta forma de apresentação por ser a de melhor visualização e de mais fácil compreensão.

Os diâmetros de acácia negra obtidos de parcelas temporárias em povoamentos de idades diferentes permitiram os seguintes resultados :

##### 4.1. DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS NA IDADE DE 3,5 ANOS

O Quadro 2 apresenta os valores observados : mínimo , máximo , média , varância , desvio padrão , índice de assimetria , curtose e assimetria quadrática , para a idade de 3,5 anos.

Observando os resultados obtidos deduz-se que os mesmos têm uma distribuição assimétrica à direita e um excesso negativo, quanto à curtose, isto é, achatada, quando comparada a curva normal.

QUADRO 2 - VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 3,5 ANOS.

Mín.	-	4,4000	Desvio Padrão	-	2,0044
Máx.	-	15,5000	Índ. Assim.	-	-0,0919
Média	-	8,7160	Índ. Curtose	-	2,4409
Var.	-	4,0175	Índ. Assim. Quadr.	-	0,0084

A ocorrência de distribuição platicúrtica<sup>x</sup> explica-se pela grandeza da variância, significa que, quando a variância cresce, a curva tende ao achatamento.

No Quadro 3 são apresentadas as estatísticas de ajuste para cada uma das distribuições estudadas.

A melhor equação para descrever a distribuição de diâmetros de acácia negra na idade de 3,5 anos foi a distribuição  $S_B$ .

Constatou-se que esta distribuição apresentava o menor valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov, 0,029812732, e também o maior valor para o Logarítmo da Probabilidade, -3950,2981, justificando sua seleção.

Os parâmetros estimados para a distribuição  $S_B$  foram :

$$\gamma = -0,2308$$

$$\delta = 1,6939$$

$$MAX = 15,5000$$

O valor "MAX" correspondeu ao melhor máximo calculado para a distribuição  $S_B$ .

O Quadro 4 apresenta os limites de classe, a probabilidade observada ajustada, resíduo, a probabilidade acumulada observada e ajustada, as frequências observadas e ajustadas e seus resíduos.

Pode-se ver no Quadro 4 que a distribuição  $S_B$  não ofe-

QUADRO 3 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS.

ESTATÍSTICAS	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	S <sub>B</sub>	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	287.71737 (4)	564.22690 (6)	457.46293 (5)	186.42720 (2)	182.62538 (1)	199.32463 (3)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	30.080615 (4)	59.860039 (6)	47.673995 (5)	17.767932 (1)	19.178391 (2)	21.089450 (3)
QUI-QUADRADO	245.29009 (4)	284.36623 (5)	210.16626 (3)	1502.5413 (6)	59.943264 (1)	67.877075 (2)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.37256216D-01 (4)	0.67807865D-01 (6)	0.49120009D-01 (5)	0.34333097D-01 (3)	0.29812732D-01 (1)	0.30710333D-01 (2)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	0.74261416 (3)	3.7301755 (6)	2.1160740 (5)	0.80018005 (4)	0.36975888 (1)	0.45942546 (2)
LOG. DA PROBABILIDADE	-3964.2428 (4)	-4057.3239 (6)	-4006.5971 (5)	-3950.6921 (2)	-3950.2981 (1)	-3952.0333 (3)



QUADRO 4 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQÜÊNCIA OBSERVADA	FREQÜÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4-	5.4	0.067778	0.037965	0.029813	0.067778	0.037965	127.083	71.184	55.899
5.4-	6.4	0.077778	0.081785	-.004008	0.145556	0.119750	145.833	153.348	-7.514
6.4-	7.4	0.124444	0.131936	-.007492	0.270000	0.251687	233.333	247.380	-14.047
7.4-	8.4	0.153333	0.171763	-.018430	0.423333	0.423450	287.500	322.056	-34.556
8.4-	9.4	0.180000	0.185996	-.005996	0.603333	0.609446	337.500	348.742	-11.242
9.4-	10.4	0.182222	0.167428	0.014795	0.785556	0.776873	341.667	313.927	27.740
10.4-	11.4	0.127778	0.121256	0.006522	0.913333	0.898129	239.583	227.355	12.228
11.4-	12.4	0.065556	0.065032	0.000524	0.978889	0.963161	122.917	121.934	0.983
12.4-	13.4	0.012222	0.021390	-.009168	0.991111	0.984551	22.917	40.107	-17.190
13.4-	14.4	0.003333	0.002710	0.000623	0.994444	0.987261	6.250	5.082	1.168
14.4-	15.4	0.0	0.000031	-.000031	0.994444	0.987293	0.0	0.058	-0.058

receu sempre bons ajustes. Em algumas classes , os resíduos foram grandes, porém, considerados aceitáveis, pois os dados foram extrapolados para a unidade de área.

O Quadro 3 mostra que a distribuição Beta e Weibull apresentaram valores de Logarítmo da Probabilidade iguais a -3952,0333 e -3950,6921 , respectivamente. Os valores de Kolmogorov-Smirnov foram 0,030710333, para a distribuição Beta e 0,03433397, para a Weibull.

Como a distribuição  $S_B$  apresentou -3950,2981 e 0,029812732 para Logarítmo da Probabilidade e Kolmogorov-Smirnov, respectivamente, as três distribuições poderiam ser usadas para descrever os dados, pois a diferença entre as estatísticas destas três distribuições foi pequena.

Os valores de desvios absolutos para as distribuições  $S_B$ , Beta e Weibull foram respectivamente: 182,62538; 199,32463 e 186,42720, o que também evidencia o exposto acima.

Comparando-se os resíduos das distribuições  $S_B$  , Beta e Weibull, ajustadas para descrever diâmetros na idade de 3,5 anos, apresentadas no Quadro 5, pode-se constatar que as distribuições Beta e Weibull apresentaram resíduos com valores próximos aos da distribuição  $S_B$ , porém, em termos gerais, ligeiramente, superiores.

Desta maneira, pode-se usar além da distribuição  $S_B$  , as equações Beta e Weibull para descrever a distribuição dos diâmetros de acácia negra, na idade de 3,5 anos.

Os parâmetros estimados para a distribuição Beta foram:

$$\alpha = 6,5121$$

$$\beta = 5,7286$$

$$MAX = 15,5000$$

e para a distribuição Weibull foram:

QUADRO 5 - RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTADAS  
PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	S <sub>B</sub>	BETA
4.4	5.4	64.503	72.105	68.357	57.454	55.899	57.582
5.4	6.4	5.353	-37.433	-22.661	5.605	- 7.514	- 4.696
6.4	7.4	-13.759	-83.695	-60.494	1.316	-14.047	-13.749
7.4	8.4	-53.065	-78.116	-73.216	-31.971	-34.556	-37.693
8.4	9.4	-30.339	12.790	- 4.085	-24.235	-11.242	-13.957
9.4	10.4	30.326	99.324	76.670	14.396	27.740	29.583
10.4	11.4	33.081	78.953	64.023	12.699	12.228	17.131
11.4	12.4	15.591	24.865	20.567	8.607	0.983	2.813
12.4	13.4	-20.789	-33.578	-30.768	-16.383	-17.190	-20.370
13.4	14.4	- 7.694	-25.006	-19.518	- 2.324	1.168	- 1.472
14.4	15.4	- 3.485	-16.808	-11.468	- 1.093	- 0.058	- 0.280
15.4	16.4	9.735	1.553	5.634	10.342		

$$\beta = 8,47774$$

$$c = 4,36569$$

Observa-se no Quadro 4 que foi suprimido a última classe de freqüência. Isto ocorreu porque o melhor máximo calculado, "MAX" ficou entre o limite inferior e o centro de classe. Como os ajustes para valores superiores ao "MAX" podiam ser tendenciosos, esta classe foi eliminada.

As saídas para as demais distribuições testadas, podem ser vistas no apêndice 1.

A Figura 8 apresenta a curva de freqüência observada por classe de diâmetro e a curva de freqüência ajustada pela distribuição SB.

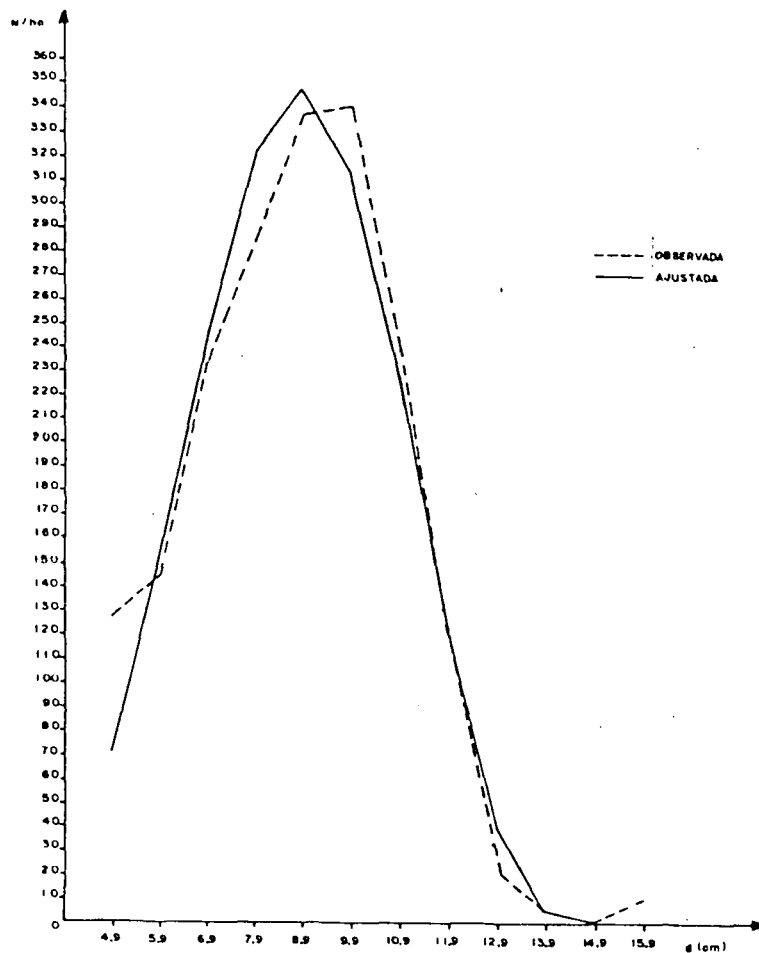


FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO SB .

#### 4.2 DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS NA IDADE DE 4,5 ANOS

O Quadro 6 apresenta os valores observados mínimo, máximo, média, variância, desvio padrão, índice de assimetria, curtose e assimetria quadrática para diâmetros na idade de 4,5 anos.

QUADRO 6 - VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS DA IDADE DE 4,5 ANOS.

Mín.	-	3,1000	Desvio padrão	-	2,7033
Máx.	-	19,2000	Índ. Assim.	-	0,1901
Média	-	9,3136	Índ. Curtose	-	2,4624
Var.	-	7,3076	Índ. Assim. Quadr.	-	0,0361

Segundo os índices de assimetria e curtose, apresentados no Quadro 6, os dados apresentaram uma distribuição assimétrica à esquerda e um excesso negativo, quanto à curtose, isto é, uma curva achatada, em comparação com a curva normal.

Observou-se que a ocorrência de distribuição platicúrtica evidencia grande valor de variância, em relação à variância que determinaria uma distribuição mesocúrtica.

Seis estatísticas de ajuste, para as distribuições estudadas, são apresentadas no Quadro 7.

Cada distribuição recebe uma classificação quanto ao melhor ajuste em relação as estatísticas testadas.

O melhor ajuste para a distribuição de diâmetros em acácia negra na idade de 4,5 anos é dado pela distribuição

QUADRO 7 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS.

ESTATÍSTICAS	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	S <sub>B</sub>	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	337.46436 (4)	496.10650 (6)	374.15106 (5)	282.06447 (2)	238.06096 (1)	295.01860 (3)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	25.344798 (4)	41.206681 (6)	29.343325 (5)	20.142326 (2)	18.462875 (1)	22.252884 (3)
QUI-QUADRADO	184.38603 (2)	203.53556 (3)	138.22838 (1)	238.92705 (5)	824.89504 (6)	208.22255 (4)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.515664810-01 (5)	0.556978240-01 (6)	0.333102540-01 (3)	0.384792700-01 (4)	0.276989550-01 (1)	0.317089530-01 (2)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	1.2761717 (5)	2.2988013 (6)	1.0377750 (4)	0.75484405 (3)	0.26348778 (1)	0.35581843 (2)
LOG. DA PROBABILIDADE	-5002.7637 (5)	-5043.2609 (6)	-4997.4867 (4)	-4983.3135 (3)	-4968.0732 (1)	-4969.6780 (2)

$S_B$ , pois apresentava o menor valor de Kolmogorov-Smirnov, 0,027698955 e o maior valor de Logarítmo da Probabilidade, -4968,0732, em relação as demais distribuições testadas.

Os parâmetros estimados para a distribuição  $S_B$  na idade de 4,5 anos foram:

$$\gamma = 0,2946$$

$$\delta = 1,5494$$

$$MAX = 19,2000$$

O Quadro 8 apresenta os limites de classe, a probabilidade observada, ajustada e o resíduo; a probabilidade acumulada observada e ajustada, bem como as freqüências observadas, estimadas os respectivos resíduos.

Observou-se que a última classe de freqüência foi suprimida. Isto ocorreu, porque o melhor máximo calculado "MAX" da distribuição  $S_B$  para estes dados ficou entre o limite inferior e o centro de classe. Como os ajustes para valores superiores ao "MAX" podiam ser tendenciosos, esta classe foi eliminada.

As saídas para as demais distribuições testadas podem ser vistas no apêndice 2.

Os resíduos apresentados no Quadro 8 mostram que a distribuição  $S_B$  apresentou bons ajustes. Algumas classes tiveram resíduos um pouco maiores; porém, aceitáveis, pois trabalhou-se com a unidade de área.

No Quadro 9 estão os resíduos das seis distribuições testadas para diâmetros de acácia negra na idade de 4,5 anos.

A distribuição Beta apresentou o valor de K-S igual a 0,031708953 e para L.P. valor de -4969,6780. Estes valores estão, numericamente, próximos aos apresentados pela distribui-

QUADRO 8 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQÜÊNCIA OBSERVADA	FREQÜÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.001005	0.013332	-.012327	0.001005	0.013332	2.083	27.636	-25.553
4.1-	5.1	0.054271	0.037257	0.017014	0.055276	0.050590	112.900	77.232	35.268
5.1-	6.1	0.078392	0.068888	0.009504	0.133668	0.119477	162.500	142.798	19.702
6.1-	7.1	0.113568	0.100060	0.013508	0.247236	0.219537	235.417	207.416	28.000
7.1-	8.1	0.108543	0.123748	-.015205	0.355779	0.343285	225.000	256.518	-31.518
8.1-	9.1	0.124623	0.135725	-.011102	0.480402	0.479010	258.333	281.347	-23.013
9.1-	10.1	0.141709	0.134717	0.006992	0.622111	0.613726	293.750	279.256	14.494
10.1-	11.1	0.113568	0.121929	-.008361	0.735678	0.735655	235.417	252.748	-17.332
11.1-	12.1	0.101508	0.100392	0.001116	0.837186	0.836047	210.417	208.104	2.313
12.1-	13.1	0.074372	0.074257	0.000115	0.911558	0.910304	154.167	153.929	0.238
13.1-	14.1	0.056281	0.048061	0.008221	0.967839	0.958365	116.667	99.626	17.041
14.1-	15.1	0.017085	0.025916	-.008831	0.984925	0.984281	35.417	53.722	-18.305
15.1-	16.1	0.010050	0.010609	-.000559	0.994975	0.994890	20.833	21.992	-1.158
16.1-	17.1	0.002010	0.002721	-.000711	0.996985	0.997611	4.167	5.640	-1.474
17.1-	18.1	0.0	0.000277	-.000277	0.996985	0.997888	0.0	0.574	-0.574
18.1-	19.1	0.001005	0.000003	0.001002	0.997990	0.997891	2.083	0.006	2.078



QUADRO 9 - RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTADAS  
PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
3.1	4.1	-31.339	- 6.257	-13.785	-34.505	-25.553	-24.061
4.1	5.1	44.830	53.919	48.057	35.863	35.268	40.060
5.1	6.1	42.830	1.318	14.903	32.609	19.702	23.653
6.1	7.1	50.572	-27.406	- 0.287	45.796	28.000	26.077
7.1	8.1	-24.385	-88.452	-69.181	-19.728	-31.518	-40.009
8.1	9.1	-35.551	-48.579	-48.757	-23.622	-23.013	-33.709
9.1	10.1	- 8.750	29.753	13.682	3.455	14.494	7.785
10.1	11.1	-36.551	27.393	5.667	-30.606	-17.332	-16.140
11.1	12.1	- 3.159	56.134	37.312	- 4.991	2.313	10.749
12.1	13.1	7.670	44.495	32.512	1.503	0.238	11.322
13.1	14.1	28.898	41.004	36.020	23.018	17.041	25.133
14.1	15.1	-10.512	-15.696	-15.474	-13.694	-18.305	-16.483
15.1	16.1	- 0.159	-13.192	- 9.944	- 0.890	- 1.158	- 4.692
16.1	17.1	- 4.213	-18.259	-13.775	- 3.824	- 1.474	- 6.389
17.1	18.1	- 2.922	-14.685	-10.128	- 2.408	- 0.574	- 3.494
18.1	19.1	1.194	- 7.495	- 3.473	1.498	2.078	1.229
19.1	20.1	3.930	- 2.069	1.195	4.054		4.033

ção selecionada, porém não justificaram a seleção desta para descrever os dados de diâmetros na idade de 4,5 anos, pois os resíduos resultantes, como se pode ver no Quadro 9, foram, em geral, maiores que os apresentados pela equação selecionada.

Numericamente, isto foi confirmado pelos valores dos Desvios Absolutos, 238,06096 para a distribuição SB e 295,01860 para a Beta.

É importante verificar os ajustes das distribuições através dos desvios em cada classe específica, para se ter certeza do seu ajuste.

A análise, exclusivamente, através do valor calculado de D.A. não ofereceu segurança de que a curva não fosse tendenciosa.

A Figura 9 apresenta a curva das frequências observadas por classe de diâmetro e a curva de frequência ajustada pela distribuição  $S_B$ .

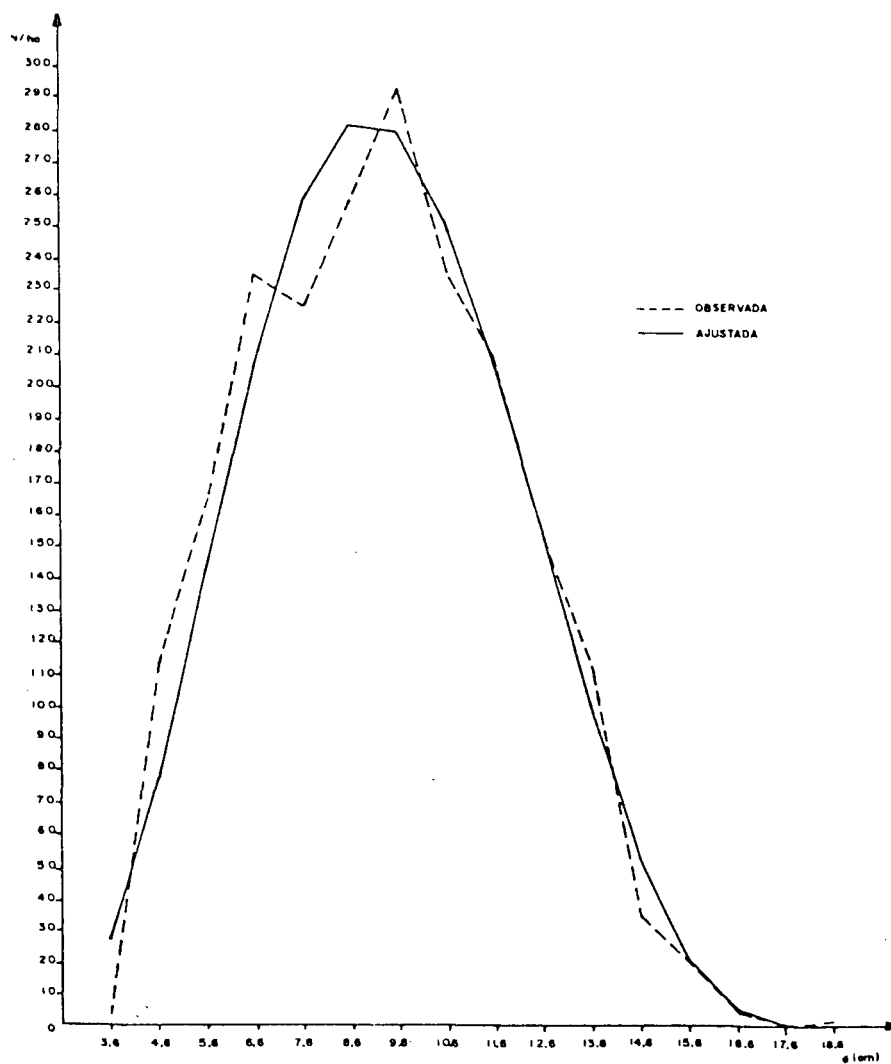


FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO SB.

### 4.3 DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS NA IDADE DE 5,5 ANOS

O Quadro 10 apresenta os valores observados: mínimo, máximo, média, variância, desvio padrão, índice de assimetria, curtose e assimetria quadrática, para diâmetros na idade de 5,5 anos.

QUADRO 10 - VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 5,5 ANOS.

Mín.	-	2,7000	Desvio Padrão	-	3,0727
Máx.	-	19,8000	Índ. Assim.	-	0,0731
Média	-	10,6063	Índ. Curtose	-	2,4699
Var.	-	9,4418	Índ. Assim.Quadr.	-	0,0053

Segundo os resultados do Quadro 10, observou-se que se tratava de uma distribuição assimétrica à esquerda, com excesso negativo, isto é, achatada em comparação com a curva normal.

A ocorrência de curva platicúrtica, demonstra uma variância relativamente grande, em relação à variância que originaria uma curva mesocúrtica.

As seis estatísticas de ajuste são apresentadas no Quadro 11.

Cada uma das distribuições testadas recebeu uma classificação quanto ao ajuste em relação a estas estatísticas.

O melhor ajuste, considerando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov e Logarítmo de Probabilidade, foi o apresentado pela distribuição  $S_B$ .

QUADRO 11 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS.

ESTATÍSTICAS	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	S <sub>B</sub>	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	347.38989 (4)	510.19962 (6)	421.72144 (5)	322.33258 (1)	327.41606 (2)	331.30292 (3)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	28.323733 (4)	40.787362 (6)	34.926716 (5)	26.456331 (1)	27.399285 (2)	27.713727 (3)
QUI-QUADRADO	109.13992 (3)	237.78062 (6)	153.64316 (5)	94.953073 (1)	109.97036 (4)	100.88445 (2)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.41990940D-01 (4)	0.85623019D-01 (6)	0.66287534D-01 (5)	0.31800994D-01 (2)	0.33570692D-01 (3)	0.29675929D-01 (1)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	0.65500269 (4)	3.0390082 (6)	1.6383862 (5)	0.42547251 (3)	0.40069581 (2)	0.39718214 (1)
LOG. DA PROBABILIDADE	-4204.0819 (4)	-4283.1203 (6)	-4228.2590 (5)	-4190.1194 (3)	-4184.7247 (1)	-4185.9810 (2)

Pode-se verificar que sob o critério de K-S , a equação  $S_B$  não representava a melhor escolha, pois apresentou o valor de 0,033570692 contra 0,029675929 apresentado pela distribuição Beta e 0,031800994 apresentado pela distribuição Weibull.

Para a estatística de L.P. , a distribuição  $S_B$  teve -4184,7247; a Beta -4185,9810 e a Weibull -4190,1194.

Observou-se que o processo de seleção através destas duas estatísticas não possibilitou a definição da melhor equação, pois as três distribuições poderiam, "*a priori*", serem utilizadas.

Decidiu-se selecionar a distribuição  $S_B$  para descrever os dados de diâmetros na idade de 5,5 anos por apresentar o valor de K-S próximo ao menor valor desta estatística e apresentar o maior valor de L.P.. A equação Beta apresentou o menor valor de K-S, porém, não foi selecionada , pois apresentou valores de D.A., ligeiramente, superiores aos demais.

Os parâmetros estimados para a distribuição  $S_B$  na idade de 5,5 anos foram:

$$\gamma = 0,3592$$

$$\delta = 1,5845$$

$$\text{MAX} = 22,4201$$

O Quadro 12 apresenta os limites de classe, a probabilidade observada, ajustada e os resíduos, a probabilidade acumulada observada e ajustada, bem como as frequências observadas, ajustadas e os resíduos.

Os resíduos, apresentados no Quadro 12, mostram que a distribuição  $S_B$  apresentou, no contexto geral , bons ajustes.

QUADRO 12 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO SB PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQÜÊNCIA OBSERVADA	FREQÜÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
2.7-	3.7	0.0	0.003163	-.003163	0.0	0.003163	0.0	5.232	-5.232
3.7-	4.7	0.015113	0.013515	0.001599	0.015113	0.016678	25.000	22.356	2.644
4.7-	5.7	0.046599	0.032419	0.014181	0.061713	0.049096	77.083	53.626	23.457
5.7-	6.7	0.057935	0.056667	0.001268	0.119647	0.105763	95.833	93.736	2.097
6.7-	7.7	0.089421	0.081307	0.008114	0.209068	0.187070	147.917	134.495	13.421
7.7-	8.7	0.085642	0.101803	-.016161	0.294710	0.288873	141.667	168.399	-26.733
8.7-	9.7	0.107053	0.115044	-.007991	0.401763	0.403917	177.083	190.301	-13.218
9.7-	10.7	0.088161	0.119578	-.031417	0.489924	0.523495	145.833	197.802	-51.969
10.7-	11.7	0.142317	0.115463	0.026855	0.632242	0.638958	235.417	190.995	44.422
11.7-	12.7	0.127204	0.103942	0.023262	0.759446	0.742900	210.417	171.938	38.479
12.7-	13.7	0.064232	0.087084	-.022852	0.823678	0.829984	106.250	144.052	-37.802
13.7-	14.7	0.078086	0.067411	0.010675	0.901763	0.897395	129.167	111.509	17.658
14.7-	15.7	0.056675	0.047535	0.009140	0.958438	0.944930	93.750	78.631	15.119
15.7-	16.7	0.021411	0.029804	-.008393	0.979849	0.974734	35.417	49.301	-13.884
16.7-	17.7	0.011335	0.015950	-.004615	0.991184	0.990684	18.750	26.383	-7.633
17.7-	18.7	0.002519	0.006782	-.004263	0.993703	0.997466	4.167	11.219	-7.052
18.7-	19.7	0.003778	0.002002	0.001776	0.997481	0.999468	6.250	3.311	2.939
19.7-	20.7	0.002519	0.000308	0.002211	1.000000	0.999776	4.167	0.510	3.657

Em algumas classes de diâmetros ocorreram resíduos relativamente grandes, porém, aceitáveis, pois trabalhou-se com extrapolações das frequências por unidade de área.

As distribuições Beta e Weibull também poderiam ter sido selecionadas, pois apresentaram valores de K-S e L.P. próximos ao da distribuição selecionada, como se observou no Quadro 11.

Os valores de D.A. para as distribuições  $S_B$ , Beta e Weibull são, respectivamente: 327,41606; 331,30292 e 322,33258. Verificou-se que as três distribuições apresentaram valores de D.A próximos.

No Quadro 13 foram apresentados os resíduos referentes as seis distribuições ajustadas para diâmetros de acácia negra na idade de 5,5 anos.

A comparação de resíduos, Quadro 13, apresentados pelas distribuições, mostrou que houve pouca diferença entre resíduos das distribuições  $S_B$  e Beta.

Já os resíduos de distribuição Weibull foram, em algumas classes de diâmetros, muito superiores àqueles apresentados pelas outras duas equações.

Assim, pode-se usar a distribuição  $S_B$  para descrever diâmetros de acácia negra na idade de 5,5 anos, bem como a distribuição Beta.

Os parâmetros estimados para a distribuição Beta foram :

$$\alpha = 5,0061$$

$$\beta = 6,2215$$

$$MAX = 22,5439$$

As saídas para as demais distribuições testadas encontram-se no apêndice 3.



QUADRO 13 - RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTADAS  
PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
2.7	3.7	-12.010	- 0.543	- 2.244	-11.043	- 5.232	- 7.286
3.7	4.7	0.200	15.840	10.536	- 2.131	2.644	1.223
4.7	5.7	30.979	33.264	31.052	25.532	23.457	25.084
5.7	6.7	18.665	- 9.436	0.162	12.385	2.097	6.647
6.7	7.7	31.626	-20.205	- 1.928	27.860	13.421	18.524
7.7	8.7	-16.113	-65.982	-50.309	-14.905	-26.733	-23.778
8.7	9.7	-15.654	-39.400	-34.673	- 9.597	-13.218	-13.814
9.7	10.7	-66.142	-55.172	-62.246	-58.113	-51.969	-55.688
10.7	11.7	25.516	63.368	48.968	31.599	44.422	39.355
11.7	12.7	23.284	71.497	55.427	24.877	38.479	34.169
12.7	13.7	-43.957	- 1.261	-14.818	-46.667	-37.802	-39.906
13.7	14.7	20.614	48.515	39.432	15.909	17.658	18.016
14.7	15.7	23.120	34.622	30.160	19.007	15.119	17.088
15.7	16.7	- 5.959	- 7.202	- 7.935	- 8.124	-13.884	-11.662
16.7	17.7	- 3.072	-11.590	- 9.821	- 3.414	- 7.633	- 6.236
17.7	18.7	- 6.196	-17.238	-14.110	- 5.587	- 7.052	- 6.739
18.7	19.7	1.820	- 8.756	- 5.138	2.581	2.939	2.666
19.7	20.7	2.462	- 6.307	- 2.763	3.001	3.657	3.423

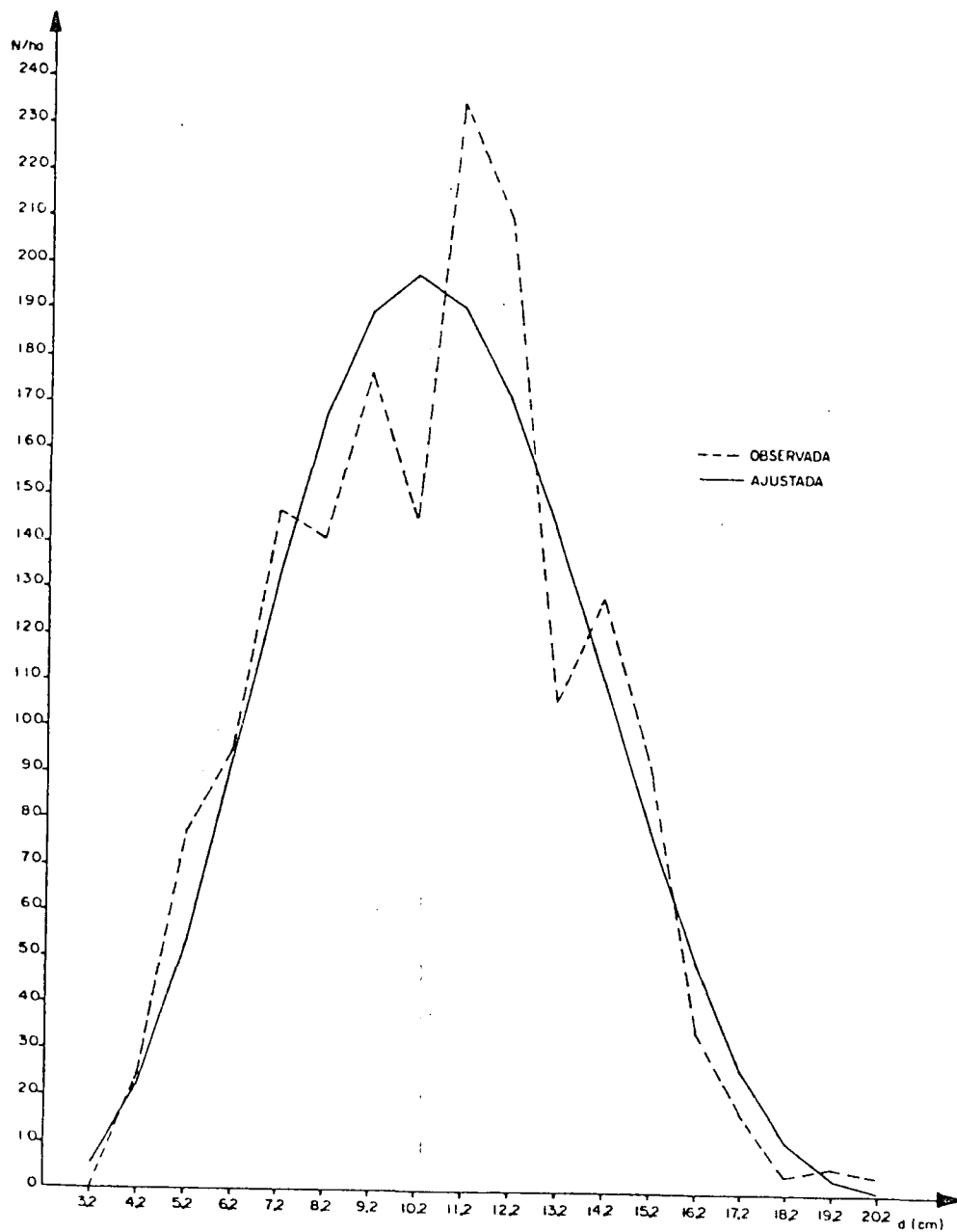


FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO SB.

A Figura 10 apresenta a curva de frequência observada por classe de diâmetro e a curva de frequência ajustada pela distribuição  $S_B$ .

#### 4.4 DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DA IDADE DE 6,5 ANOS

O Quadro 14 apresenta os valores observados: mínimo , máximo, média, variância, desvio padrão , índice de assimetria, curtose e assimetria quadrática, para diâmetros de acácia negra na idade de 6,5 anos.

QUADRO 14 - VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 6,5 ANOS.

Mín.	-	3,1000	Desvio Padrão	-	3,2166
Máx.	-	20,2000	Índ. Assim.	-	0,4060
Média	-	9,9171	Índ. Curtose	-	2,5606
Var.	-	10,3466	Índ. Assim. Quadr.	-	0,1648

Os resultados do Quadro 14, indicam uma distribuição assimétrica à esquerda e com excesso negativo, isto é, achatada, em comparação com a curva normal.

Seis estatísticas de ajuste são apresentadas no Quadro 15 para as distribuições testadas.

Cada distribuição recebe uma classificação quanto ao melhor ajuste em relação a estas estatísticas.

A melhor equação para descrever os dados de diâmetros de acácia negra na idade de 6,5 anos foi a distribuição  $S_B$  , pois apresentou o menor valor de K-S, 0,027972387 e o maior valor de L.P., -4749,0569 em relação às demais equações tes-

QUADRO 15 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS.

ESTATÍSTICAS	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	339.78361 (6)	319.59455 (5)	302.04663 (4)	270.58611 (3)	234.03438 (1)	267.15619 (2)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	24.509713 (6)	21.920346 (5)	21.404351 (4)	18.847166 (3)	16.177153 (1)	18.840288 (2)
QUI-QUADRADO	143.13897 (6)	110.53255 (5)	79.734499 (3)	98.807516 (4)	58.956650 (1)	70.515145 (2)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.64721506D-01 (6)	0.35507775D-01 (4)	0.30511574D-01 (2)	0.44956566D-01 (5)	0.27972387D-01 (1)	0.33328922D-01 (3)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	2.9292006 (6)	1.0971841 (4)	0.54956777 (3)	1.3949483 (5)	0.34025739 (1)	0.53032102 (2)
LOG. DA PROBABILIDADE	-4818.7824 (6)	-4790.8819 (5)	-4765.9864 (3)	-4787.5538 (4)	-4749.0569 (1)	-4759.5976 (2)

tadas.

Os parâmetros estimados para a distribuição  $S_B$  na idade de 6,5 anos são:

$$\gamma = 1,1604$$

$$\delta = 1,7157$$

$$MAX = 26,6276$$

O Quadro 16 apresenta os limites de classe, a probabilidade observada, ajustada e os resíduos, a probabilidade acumulada observada e ajustada, bem como as freqüências observadas, ajustadas e os resíduos.

As saídas para as demais distribuições testadas estão no apêndice 4.

No Quadro 17 estão os resíduos apresentados pelas distribuições testadas para descrever diâmetros de acácia negra na idade de 6,5 anos.

Os resíduos apresentados no Quadro 16 mostram que a distribuição  $S_B$  apresentou bons ajustes. Em algumas classes houve resíduos ligeiramente grandes, porém aceitáveis, pois trabalhou-se com extrapolação das freqüências por unidade de área.

A distribuição Beta apresentou melhores condições, entre as demais equações testadas, de ser selecionada para descrever os dados de diâmetros de acácia negra na idade de 6,5 anos, após a seleção da distribuição  $S_B$ , como demonstram os valores de K-S e L.P. apresentados no Quadro 15.

Porém, os resíduos apresentados pelo ajuste com a distribuição Beta não justificam a sua seleção, pois são maiores que os apresentados pela distribuição  $S_B$ , como pode-se ver no Quadro 17.

QUADRO 16 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQÜÊNCIA OBSERVADA	FREQÜÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.0	0.011053	-.011053	0.0	0.011053	0.0	20.587	-20.587
4.1-	5.1	0.044743	0.033550	0.011193	0.044743	0.044603	83.333	62.487	20.846
5.1-	6.1	0.076063	0.063577	0.012486	0.120805	0.108180	141.667	118.412	23.255
6.1-	7.1	0.107383	0.092035	0.015347	0.228188	0.200216	200.000	171.415	28.585
7.1-	8.1	0.102908	0.112145	-.009237	0.331096	0.312361	191.667	208.871	-17.204
8.1-	9.1	0.116331	0.121124	-.004793	0.447427	0.433485	216.667	225.594	-8.927
9.1-	10.1	0.109620	0.119424	-.009804	0.557047	0.552909	204.167	222.427	-18.260
10.1-	11.1	0.104027	0.109363	-.005336	0.661074	0.662272	193.750	203.689	-9.939
11.1-	12.1	0.079418	0.093952	-.014534	0.740492	0.756224	147.917	174.986	-27.069
12.1-	13.1	0.081655	0.076107	0.005548	0.822148	0.832331	152.083	141.750	10.334
13.1-	14.1	0.064877	0.058222	0.006655	0.887025	0.890553	120.833	108.439	12.395
14.1-	15.1	0.043624	0.041997	0.001627	0.930649	0.932550	81.250	78.219	3.031
15.1-	16.1	0.038031	0.028433	0.009598	0.968680	0.960983	70.833	52.956	17.877
16.1-	17.1	0.014541	0.017924	-.003383	0.983221	0.978907	27.083	33.383	-6.300
17.1-	18.1	0.007830	0.010392	-.002562	0.991051	0.989299	14.583	19.355	-4.772
18.1-	19.1	0.004474	0.005441	-.000967	0.995526	0.994740	8.333	10.134	-1.800
19.1-	20.1	0.002237	0.002503	-.000266	0.997763	0.997243	4.167	4.662	-0.495
20.1-	21.1	0.002237	0.000970	0.001267	1.000000	0.998213	4.167	1.807	2.359

QUADRO 17 - RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTADAS  
PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
3.1	4.1	-33.966	- 8.560	-16.958	-37.197	-20.587	-23.140
4.1	5.1	24.004	33.549	26.858	14.333	20.846	22.140
5.1	6.1	47.511	15.589	25.151	34.683	23.255	28.740
6.1	7.1	64.236	- 1.280	21.776	53.394	28.585	34.335
7.1	8.1	13.804	-52.286	-30.706	9.524	-17.204	-15.008
8.1	9.1	4.955	-31.761	-22.791	8.995	- 8.927	-11.279
9.1	10.1	-24.798	-21.385	-26.528	-14.316	-18.260	-23.494
10.1	11.1	-31.235	4.352	- 9.963	-18.699	- 9.939	-15.364
11.1	12.1	-52.947	- 2.711	-19.828	-42.905	-27.069	-30.549
12.1	13.1	-10.850	36.802	21.663	- 5.913	10.334	9.612
13.1	14.1	0.751	34.985	24.169	0.608	12.395	13.990
14.1	15.1	0.840	18.556	12.457	- 2.516	3.031	5.801
15.1	16.1	21.912	25.680	23.554	17.617	17.377	20.618
16.1	17.1	0.041	- 5.124	- 4.443	- 3.604	- 6.300	- 4.402
17.1	18.1	1.002	- 8.238	- 5.890	- 1.402	- 4.772	- 3.986
18.1	19.1	2.136	- 7.769	- 4.655	0.849	- 1.800	- 1.938
19.1	20.1	1.597	- 7.167	- 3.902	1.033	- 0.495	- 1.140
20.1	21.1	3.199	- 3.802	- 0.754	3.000	2.359	1.620

Isto pode também ser comprovado pelo valor de D.A., 234,03438 e 267,15619, respectivamente, para a distribuição  $S_B$  e Beta.

A Figura 11 apresenta a curva das freqüências observadas por classe de diâmetros e a curva de freqüências ajustadas pela distribuição  $S_B$ .

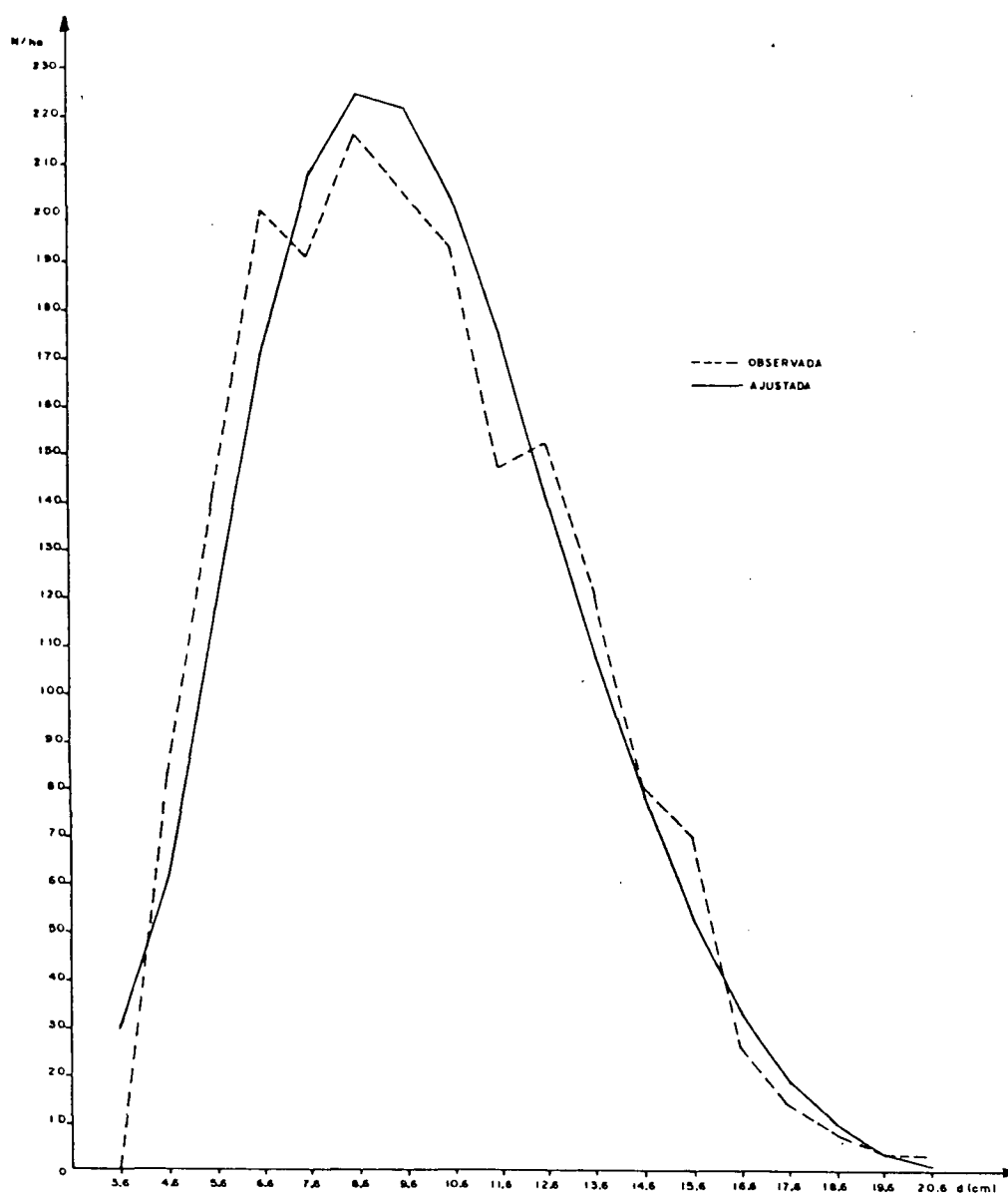


FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$ .



## 4.5 DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS NA IDADE DE 7,5 ANOS

O Quadro 18 apresenta os valores observados mínimo, máximo, média, variância, desvio padrão, índice de assimetria, curtose e assimetria quadrática, para diâmetros de acácia negra na idade de 7,5 anos.

QUADRO 18 - VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS NA IDADE DE 7,5 ANOS.

Mín.	-	4,4000	Desvio Padrão	-	3,7094
Máx.	-	23,8000	Índ. Assim.	-	0,0698
Média	-	11,8833	Índ. Curtose	-	2,2319
Var.	-	13,7594	Índ. Assim. Quad.	-	0,0049

Os dados do Quadro 18 mostram que trata-se de uma distribuição assimétrica à esquerda e com excesso negativo, isto é, achatada em comparação à curva normal.

Sabe-se que a ocorrência de curva platicúrtica pode ser explicada pela variância, ou seja, quando a variância cresce a curva tende ao achatamento.

Tais estatísticas de ajuste são apresentadas no Quadro 19.

Cada uma das distribuições testadas recebe uma classificação quanto ao ajuste em relação a estas estatísticas.

A melhor equação para descrever os diâmetros da acácia negra na idade de 7,5 anos foi a distribuição  $S_B$ , pois apresentou o menor valor de K-S, 0,054241434 e o maior valor de L.P., -3976,9207 entre as seis distribuições testadas.

QUADRO 19 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS.

ESTATÍSTICAS	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	322.15468 (4)	444.86321 (6)	395.52671 (5)	291.48834 (3)	238.97747 (1)	251.10120 (2)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	20.299058 (4)	29.156561 (6)	26.697509 (5)	18.649945 (3)	16.543208 (1)	16.848218 (2)
QUI-QUADRADO	139.27026 (4)	209.82840 (6)	148.89548 (5)	124.35510 (3)	63.639615 (1)	72.670352 (2)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.795311350-01 (6)	0.767497470-01 (5)	0.556765900-01 (2)	0.681064450-01 (4)	0.542414340-01 (1)	0.602313470-01 (3)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	1.5498887 (4)	2.9263491 (6)	1.6139121 (5)	1.0050116 (3)	0.52520873 (1)	0.72332883 (2)
LOG. DA PROBABILIDADE	-4008.2566 (4)	-4067.2280 (6)	-4022.0874 (5)	-3988.2901 (3)	-3976.9207 (1)	-3980.5085 (2)

Os parâmetros estimados para a distribuição  $S_B$  na idade de 7,5 anos são:

$$\gamma = 0,1464$$

$$\delta = 1,4084$$

$$MAX = 23,8000$$

O Quadro 20 apresenta os limites de classe, a probabilidade observada, ajustada e os resíduos, a probabilidade acumulada observada e ajustada, bem como as freqüências observadas, ajustadas e os resíduos.

Pode-se verificar no Quadro 20 que a última classe da distribuição de freqüência foi suprimida. Isto pode ser explicada pelo valor "MAX" calculado (MAX corresponde ao melhor máximo calculado para a distribuição). Como "MAX" está contido entre o limite inferior e o centro de classe, esta é eliminada, pois as estimativas calculadas para valores superiores ao "MAX" podem ser tendenciosas.

Caso o valor de "MAX" estivesse entre o centro de classe e o limite superior, esta classe não seria eliminada e o limite superior da classe seria igual ao valor "MAX".

Os resíduos apresentados no Quadro 20 mostram que a distribuição  $S_B$  apresentou bons ajustes. Em algumas classes de diâmetro houveram resíduos ligeiramente grandes, porém aceitáveis, pois trabalhou-se com extrapolações das freqüências por unidade de área.

A distribuição Beta demonstra, pelas estimativas do Quadro 19, ser a segunda melhor equação, pois apresentou os melhores valores de K-S; 0,060231347 e L.P., -3980,5085 após os obtidos para a distribuição selecionada.

O valor de D.A. para a distribuição  $S_B$  é 238,97741 e

QUADRO 20 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQÜÊNCIA OBSERVADA	FREQÜÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4-	5.4	0.023837	0.020289	0.003548	0.023837	0.020289	35.000	29.790	5.210
5.4-	6.4	0.043133	0.035774	0.007359	0.066969	0.056063	63.333	52.528	10.805
6.4-	7.4	0.070375	0.052612	0.017762	0.137344	0.108675	103.333	77.252	26.081
7.4-	8.4	0.094211	0.068639	0.025573	0.231555	0.177314	138.333	100.784	37.549
8.4-	9.4	0.049943	0.082165	-0.032222	0.281498	0.259478	73.333	120.645	-47.312
9.4-	10.4	0.087401	0.092034	-0.004634	0.368899	0.351513	128.333	135.137	-6.804
10.4-	11.4	0.087401	0.097578	-0.010178	0.456300	0.449091	128.333	143.277	-14.944
11.4-	12.4	0.081725	0.098549	-0.016824	0.538025	0.547640	120.000	144.703	-24.703
12.4-	13.4	0.095346	0.095057	0.000289	0.633371	0.642698	140.000	139.576	0.424
13.4-	14.4	0.102157	0.087521	0.014635	0.735528	0.730219	150.000	128.510	21.490
14.4-	15.4	0.077185	0.076630	0.000555	0.812713	0.806849	113.333	112.519	0.815
15.4-	16.4	0.055619	0.063317	-0.007698	0.868331	0.870166	81.667	92.970	-11.304
16.4-	17.4	0.056754	0.048728	0.008026	0.925085	0.918893	83.333	71.548	11.785
17.4-	18.4	0.040863	0.034175	0.006687	0.965948	0.953069	60.000	50.181	9.819
18.4-	19.4	0.021566	0.021053	0.000514	0.987514	0.974121	31.667	30.912	0.755
19.4-	20.4	0.006810	0.010658	-0.003848	0.994325	0.984779	10.000	15.650	-5.650
20.4-	21.4	0.002270	0.003886	-0.001616	0.996595	0.988666	3.333	5.706	-2.373
21.4-	22.4	0.0	0.000754	-0.000754	0.996595	0.989420	0.0	1.108	-1.108
22.4-	23.4	0.0	0.000033	-0.000033	0.996595	0.989453	0.0	0.049	-0.049

251,10120 para a Beta. Isto confirma ter a distribuição selecionada o melhor ajuste entre as demais.

A análise dos resíduos apresentados pelas duas distribuições mostram que houve uma pequena diferença entre eles, como pode-se ver no Quadro 21.

Desta maneira, pode-se usar também a distribuição Beta para descrever os diâmetros de acácia negra na idade de 7,5 anos.

Os parâmetros estimados para a distribuição Beta são:

$$\alpha = 4,1377$$

$$\beta = 4,5240$$

$$\text{MAX} = 23,8000$$

As saídas para as demais distribuições testadas podem ser vistas no apêndice 5.

A Figura 12 apresenta a curva de frequências observadas por classe de diâmetro e a curva de frequência ajustada pela distribuição  $S_B$ .

QUADRO 21 - RESÍDUOS APRESENTADOS PELAS DISTRIBUIÇÕES AJUSTADAS  
PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS.

$x_1$	$x_2$	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
4.4	5.4	7.952	18.130	13.336	5.648	5.210	4.941
5.4	6.4	20.127	13.962	14.727	15.536	10.805	12.771
6.4	7.4	39.128	10.791	20.551	33.677	26.081	29.550
7.4	8.4	49.571	6.932	21.951	45.142	37.549	41.178
8.4	9.4	-40.826	-82.133	-68.780	-42.659	-47.312	-44.755
9.4	10.4	- 8.256	-34.036	-27.479	- 6.902	- 6.804	- 5.991
10.4	11.4	-23.705	-26.961	-28.565	-19.812	-14.944	-15.855
11.4	12.4	-37.441	-19.380	-27.493	-32.588	-24.703	-26.746
12.4	13.4	-11.673	20.621	9.001	- 7.638	0.424	- 1.870
13.4	14.4	14.067	51.258	39.073	16.077	21.490	19.779
14.4	15.4	- 0.003	33.780	23.137	- 0.242	0.815	0.188
15.4	16.4	- 6.244	18.837	10.845	- 8.078	-11.304	-10.844
16.4	17.4	19.897	34.457	29.391	17.515	11.785	12.855
17.4	18.4	17.415	22.412	19.994	15.386	9.819	10.754
18.4	19.4	5.071	3.009	2.691	3.843	0.755	0.909
19.4	20.4	- 5.452	-11.709	-10.549	- 5.889	- 5.650	- 6.429
20.4	21.4	- 5.019	-13.034	-10.966	- 4.934	- 2.373	- 3.574
21.4	22.4	- 4.200	-12.298	- 9.783	- 3.899	- 1.108	- 1.906
22.4	23.4	- 1.964	- 9.221	- 6.590	- 1.658	- 0.049	- 0.207
23.4	24.4	4.145	- 1.904	0.623	4.368		

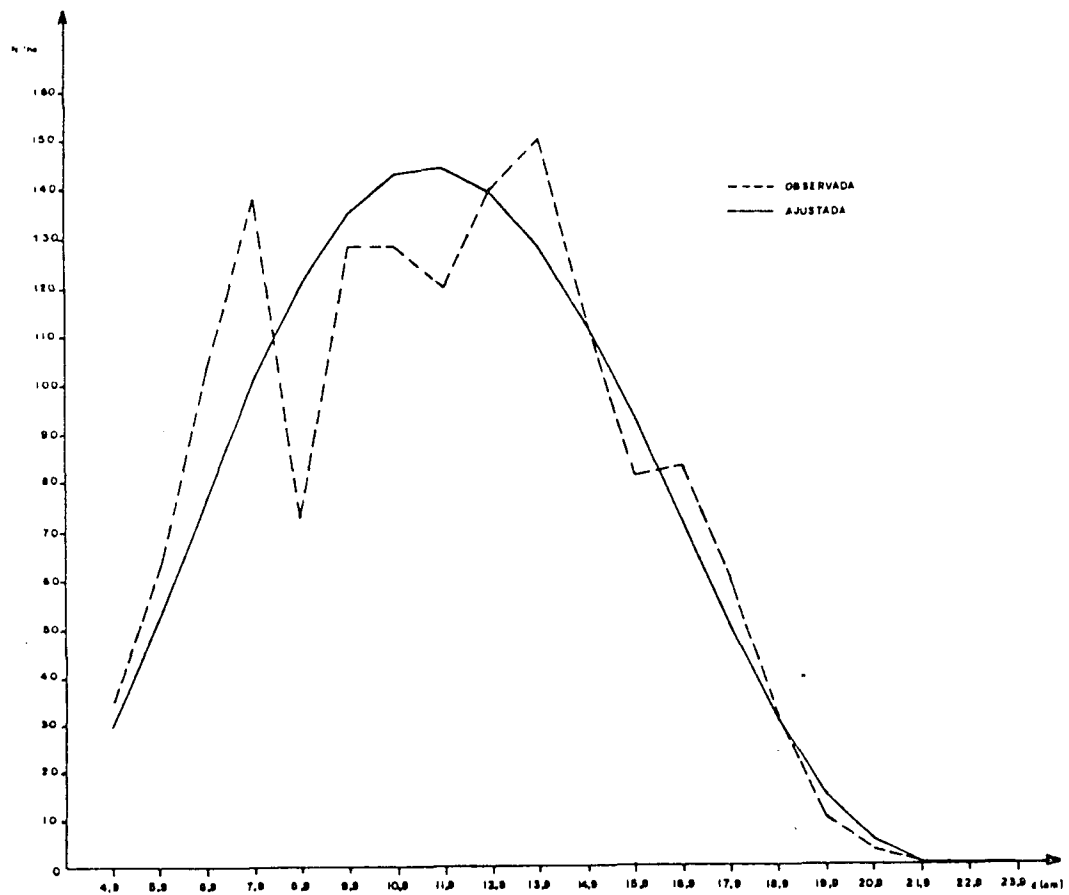


FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO SB.

4.6 CARACTERÍSTICA DOS DADOS DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA  
E COEFICIENTE DA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA AS IDADES DE 3,5  
A 7,5 ANOS

O Quadro 22 apresenta os valores mínimo, máximo, média aritmética, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e assimetria quadrática para as cinco idades estudadas.

QUADRO 22 - VALORES OBSERVADOS E ESTATÍSTICAS CALCULADAS PARA DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NAS IDADES DE 3,5 A 7,5 ANOS.

IDADE	MÍNIMO	MÁXIMO	$\bar{x}$	$S$	$S^2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\frac{2}{\alpha_3}$
3,5	4,4000	15,5000	8,7160	2,0044	4,0175	-0,0919	2,4409	0,0084
4,5	3,1000	19,2000	9,3136	2,7033	7,3076	0,1901	2,4624	0,0361
5,5	2,7000	19,8000	10,6063	3,0727	9,4418	0,0731	2,4699	0,0053
6,5	3,1000	20,2000	9,9171	3,2166	10,3466	0,4060	2,5606	0,1648
7,5	4,4000	23,8000	11,8833	3,7094	13,7594	0,0698	2,2319	0,0049

Observa-se no Quadro acima que, na idade de 3,5 anos ocorre um valor mínimo igual a 4,4000, a média igual a 8,7160, variância 4,0175 e índice de assimetria e curtose igual a -0,0919 e 2,4409, respectivamente. Estes dados nos evidenciam uma distribuição assimétrica à direita e platicúrtica.

Já os valores para a idade de 4,5 anos são : 3,1000 ; 9,3136; 7,3076; 0,1901; 2,4624 para o valor mínimo, médio aritmético, variância, assimetria e curtose, respectivamente. Estes dados mostram uma distribuição assimétrica à esquerda e platicúrtica.



Esta mudança de assimetria na idade 4,5 anos em relação à distribuição de diâmetros de 3,5 anos e a não ocorrência de uma tendência dos valores apresentados no Quadro 22 são explicados pela origem dos dados , isto é , os diâmetros provêm de povoamentos independentes e de idades diferentes.

O Quadro 23 apresenta os parâmetros e estatísticas estimadas da distribuição  $S_B$  para descrever diâmetros de acácia negra nas idades de 3,5 a 7,5 anos.

QUADRO 23 - PARÂMETROS E ESTATÍSTICAS DA FUNÇÃO  $S_B$  ESTIMADAS PARA DESCREVER DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NAS IDADES DE 3,5 A 7,5 ANOS.

IDADE	$\gamma$	$\delta$	$\lambda$	L.P.	K - S
3,5	-0,2308	1,6939	15,5000	-3950,2981	0,029812732
4,5	0,2946	1,5494	19,2000	-4968,0732	0,027698955
5,5	0,3592	1,5845	22,4201	-4184,7247	0,033570692
6,5	1,1604	1,7157	26,6276	-4749,0569	0,027972387
7,5	0,1464	1,4084	23,8000	-3976,9207	0,054241434

onde :

$\gamma, \delta, \lambda$  - parâmetros da função  $S_B$

L.P. - logarítmo da probabilidade

K-S - Kolmogorov - Smirnov

## 5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir, segundo os resultados obtidos no estudo de distribuições de diâmetros da acácia negra nas idades de 3,5 a 7,5 anos, que:

A comparação das distribuições de diâmetros em relação à curva normal mostrou que ocorrem assimetria à direita na idade de 3,5 anos e à esquerda nas demais idades e que, esta assimetria é relativamente pequena, pois os índices de assimetria calculados estão próximos de zero ; o índice de curtose mostrou que em todas as idades ocorre o achatamento da distribuição diamétrica. O ajuste das distribuições Normal, Log-normal, Gama, Weibull, Beta e  $S_B$  feito através do programa de computação "MLESD" e comparado pelas estatísticas do Logarítmo de Probabilidade e Kolmogorov-Smirnov revelaram a distribuição  $S_B$  como a melhor equação para descrever a distribuição de diâmetros de acácia negra, em todas as idades estudadas.

A distribuição Beta também poderia ser usada para descrever os diâmetros de acácia negra nas idades de 3,5; 5,5 e 7,5 anos, pois apresentou valores de K-S e L.P. muito próximo aos da equação selecionada.

## 6 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos estudar a distribuição diamétrica de acácia negra em povoamentos independentes, selecionar a equação que melhor descrevesse as distribuições e estudar as variações das distribuições em diferentes idades.

Os dados provem da Fazenda Dona Bernarda, de propriedade da TANAC S.A. em Montenegro, Rio Grande do Sul (nas coordenadas geográficas de 30° de latitude sul e 52° de longitude oeste e clima do tipo Cfa , subtropical , segundo Köppen).

Foram estudados os diâmetros quanto a distribuição e estabilidade em relação a curva normal nas idades de 3,5 a 7,5 anos , através do pacote de computação MLESD - *Maximum Likelihood Estimation for Selected Distributions*.

As distribuições testadas foram Normal, Log-normal , Gama, Weibull,  $S_B$  e Beta. Estas foram ajustadas pelo método de Máxima Probabilidade e selecionadas pelo critério do Logarítmo da Probabilidade e Kolmogorov-Smirnov.

A distribuição  $S_B$  foi a selecionada para descrever os dados de diâmetros nas cinco idades estudadas. No entanto, a

distribuição Beta nas idades de 3,5 , 5,5 e 7,5 anos e a Weibull na idade de 3,5 anos, também podem ser utilizadas , porém, com ajustes um pouco inferiores que os proporcionados pela distribuição  $S_B$ .

As equações Normal, Log-normal e Gama não ofereceram bons ajustes em nenhuma das idades estudadas, sendo desaconselháveis as suas utilizações para descrever a distribuição de diâmetros de acácia negra.

## S U M M A R Y

The objectives of this research work are : to study the diameter distribution of the "acácia negra" in stands of different ages; to select the best equation to describe the diameter distributions; to study the variations of the distributions at different ages.

The data were obtained in the "Dona Bernarda" farm . The private company TANAC S.A. is the owner of this farm , which is located in the Montenegro county , State of Rio Grande do Sul, Brazil. The latitude of this place is  $30^{\circ}$  south , and the longitude is  $52^{\circ}$  west. According to Köppen the climate is Cfa type, subtropical.

The diameters were studied refferring to their distributions and estabillity in relation to the normal curve at the ages ranging from 3.5 to 7.5 years old ; It was used the "M.L.S.D. - Maximum Likelihood Estimation for Selected Distributions" package computer program.

The tested distributions were : Normal , Lognormal, Gamma, Beta,  $S_B$  and Weibull. These distributions were fitted using the method of Maximum Likelihood , and selected using the criterium of the logaritmic of the probability and the

Kolmogorov-Smirnov test.

The  $S_B$  distribution was selected to fit the data at all 5 used ages. Meanwhile the Beta distribution at the ages 3.5, 5.5, 7.5, and the Weibull distribution at the age 3.5 years old, also can be used to fit the diameter distributions, although the  $S_B$  distribution fits this relationship a little bit better than the former distributions.

The Normal, Gamma and Lognormal distributions did not present good fittings at any of the studied ages. Therefore they are not advisable to fit the diameter distribution of the "acácia negra".

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BAILEY, R.L. & DELL, T.C. Quantifying diameter distribution with the Weibull function. Forest Sci. , 19:27-104, 1973.
- 2 - BAILEY, R.L. An application of dynamic programming to a constrained maximum likelihood estimation problem. Não publicado. 11 p.
- 3 - BARROS, P.L.C. Estudo das Distribuições Diamétricas da Floresta do Planalto Tapajós-Pará. Curitiba, 1980. 123 p. Tese de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias da UFPR.
- 4 - BRUCE, D. & SCHUMACHER, F.X. Forest mensuration. New York, Mc Graw-Hill, 1950. 483 p.
- 5 - COUTO, H.T.Z. Distribuição de diâmetros em plantações de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*. Piracicaba, 1980. 79 p. Tese de Livre-Docência. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP.
- 6 - EK, A.R.; ISSOS, J.N.; BAILEY, R.L. Solving for Weibull diameter distribution parameters to obtain specified mean diameters. Forest Sci., 21:290-292, vol. 21, number 3, 1975.
- 7 - FREEMAN, H. Introduction to statistical inference. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 1963. 455 p.
- 8 - HOSOKAWA, R.T. Control System for the forest productions Management. Japan International Cooperation Agency, Tokyo, 1981, 7 p.
- 9 - JOHNSON, N.L. & KOTZ, S. Distributions in statistics : continuous univariate distributions. New York , Wiley, 1972. 2 V. (Wiley series in probability and mathematical statistics).

- 10 - KEMPTHORNE, O. & FOLKS, L. Probability, Statistics, and Data analysis. 1ª ed., The Iowa State University Press, 1971.
- 11 - KENDALL, M.G. & STUART, A. The advanced theory of statistics. 3ª ed., London, Charles Griffen, 1973 , Vol. 2, 723 p.
- 12 - KREYSZIG, E. Introductory Mathematical Statistics. New York, Wiley, 1970. 470 p.
- 13 - LINDGREN, B.W. Statistical theory. 3ª ed., New York , Macmillan, 1978. 614 p.
- 14 - LINDLEY, D.V. Introduction to probability & statistics. Cambridge, Cambridge Univerity Press, 1970, Vol. 2, 292 p.
- 15 - LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K.E. Forest Inventory. München, 1973, Vol. 2, 469 p.
- 16 - MERRIL, W.C. & FOX, K.A. Estatística Econômica. São Paulo, Atlas, 1977. 738 p.
- 17 - MEYER, P.L. Probabilidade: Aplicações à estatística. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. 1977. 391 p.
- 18 - MOOD, A.M. ; GRAYBILL, F.A. ; BOES, D.C. Introduction to the theory of statistics. 3ª ed., Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, 1974. 564 p.
- 19 - NELSON, T.C. Diameter distribution and growth of loblolly pine. Forest Sci., 10(1):105-113. 1964.
- 20 - PRODAN, M. Forest biometrics. Oxford, Pergamon Press, 1968. 447 p.
- 21 - RAO, C.R. Advanced statistical methods in biometric research. New York, Hafner Press, 1974. 390 p.
- 22 - RIGGS, J.L. Production systems: Planning, Analysis and Control, New York, Wiley, 1970. 604 p.
- 23 - SCHNEIDER, P.R. Modelos de equação e tabelas para avaliar o peso de casca de acácia negra, *Acacia mearnsii* de Wild. Curitiba, 1978. 149 p. Tese de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias da UFPR.
- 24 - SCHREUDER, H.T. ; HAFLEY, W.L. ; WHITEHORNE, E.W. ; DARE, B.J. Maximun likelihood estimation for selected distributions (MLESD). Technical Report, School of Forest Resources, North Carolina State University, 61, s.d. 21 p.
- 25 - SILVA, J.A. Biometria e estatística florestal. Santa Maria, UFSM, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Engenharia Agrícola e Florestal, 1977. 235 p.



- 26 - SPIEGEL, M.R. Estatística. São Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, 1975. 580 p.
- 27 - ———. Transformadas de La Place. São Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, 1975. 217 p.
- 28 - STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES. 2ª ed., New York, Mc Graw-Hill, 1975. 217 p.
- 29 - STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw-Hill, 1960. 481 p.
- 30 - WAUGH, A.E. Elementos de estatística. Porto Alegre, Globo, s.d. 470 p.
- 31 - YAMANE, T. Estatística. México, Harla S.A., 3ª ed., 1974. 573 p.

## APÊNDICE 1

SAÍDAS DO PACOTE DE COMPUTAÇÃO "MLES D" PARA  
DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS

QUADRO 24 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS

MÉDIA = 8.71600									
VARIÂNCIA = 4.01746									
DESVIO PADRÃO = 2.00436									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4-	5.4	0.067778	0.033376	0.034401	0.067778	0.033376	127.083	62.581	64.503
5.4-	6.4	0.077778	0.074923	0.002855	0.145556	0.108299	145.833	140.480	5.353
6.4-	7.4	0.124444	0.131782	-0.007338	0.270000	0.240082	233.333	247.092	-13.759
7.4-	8.4	0.153333	0.181635	-0.028301	0.423333	0.421716	287.500	340.565	-53.065
8.4-	9.4	0.180000	0.196181	-0.016181	0.603333	0.617897	337.500	367.839	-30.339
9.4-	10.4	0.182222	0.166048	0.016174	0.785556	0.783946	341.667	311.341	30.326
10.4-	11.4	0.127778	0.110135	0.017643	0.913333	0.894081	239.583	206.503	33.081
11.4-	12.4	0.065556	0.057240	0.008315	0.978889	0.951321	122.917	107.326	15.591
12.4-	13.4	0.012222	0.023310	-0.011087	0.991111	0.974631	22.917	43.706	-20.789
13.4-	14.4	0.003333	0.007437	-0.004103	0.994444	0.982067	6.250	13.944	-7.694
14.4-	15.4	0.0	0.001859	-0.001859	0.994444	0.983926	0.0	3.485	-3.485
15.4-	16.4	0.005556	0.000364	0.005192	1.000000	0.984290	10.417	0.682	9.735

QUADRO 25 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS

MÉDIA = 2.00571									
VARIÂNCIA = 0.08034									
DESVIO PADRÃO = 0.28344									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4-	5.4	0.067778	0.029322	0.038456	0.067778	0.029322	127.083	54.978	72.105
5.4-	6.4	0.077778	0.097742	-0.019964	0.145556	0.127064	145.833	183.267	-37.433
6.4-	7.4	0.124444	0.169082	-0.044637	0.270000	0.296146	233.333	317.029	-83.695
7.4-	8.4	0.153333	0.194995	-0.041662	0.423333	0.491141	287.500	365.616	-78.116
8.4-	9.4	0.180000	0.173179	0.006821	0.603333	0.664320	337.500	324.710	12.790
9.4-	10.4	0.182222	0.129249	0.052973	0.785556	0.793569	341.667	242.343	99.324
10.4-	11.4	0.127778	0.085669	0.042108	0.913333	0.879239	239.583	160.630	78.953
11.4-	12.4	0.065556	0.052294	0.013261	0.978889	0.931533	122.917	98.052	24.865
12.4-	13.4	0.012222	0.030130	-0.017908	0.991111	0.961663	22.917	56.494	-33.578
13.4-	14.4	0.003333	0.016670	-0.013336	0.994444	0.978333	6.250	31.256	-25.006
14.4-	15.4	0.0	0.008964	-0.008964	0.994444	0.987297	0.0	16.808	-16.808
15.4-	16.4	0.005556	0.004727	0.000828	1.000000	0.992024	10.417	8.864	1.553

QUADRO 26 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS

ALFA = 13.46894									
BETA = 0.57287									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4-	5.4	0.067778	0.031321	0.036457	0.067778	0.031321	127.083	58.726	68.357
5.4-	6.4	0.077778	0.089864	-0.012086	0.145556	0.121185	145.833	168.495	-22.661
6.4-	7.4	0.124444	0.156708	-0.032263	0.270000	0.277892	233.333	293.827	-60.494
7.4-	8.4	0.153333	0.192382	-0.039049	0.423333	0.470274	287.500	360.716	-73.216
8.4-	9.4	0.180000	0.182179	-0.002179	0.603333	0.652453	337.500	341.585	-4.085
9.4-	10.4	0.182222	0.141331	0.040891	0.785556	0.793785	341.667	264.997	76.670
10.4-	11.4	0.127778	0.093632	0.034146	0.913333	0.887417	239.583	175.560	64.023
11.4-	12.4	0.065556	0.054586	0.010969	0.978889	0.942003	122.917	102.350	20.567
12.4-	13.4	0.012222	0.028632	-0.016410	0.991111	0.970635	22.917	53.685	-30.768
13.4-	14.4	0.003333	0.013743	-0.010409	0.994444	0.984378	6.250	25.768	-19.518
14.4-	15.4	0.0	0.006116	-0.006116	0.994444	0.990494	0.0	11.468	-11.468
15.4-	16.4	0.005556	0.002551	0.003005	1.000000	0.993045	10.417	4.783	5.634

QUADRO 27 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS

BETA = 8.47774									
C = 4.36569									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4-	5.4	0.067778	0.037136	0.030642	0.067778	0.037136	127.083	69.630	57.454
5.4-	6.4	0.077778	0.074788	0.002989	0.145556	0.111924	145.833	140.228	5.605
6.4-	7.4	0.124444	0.123743	0.000702	0.270000	0.235667	233.333	232.017	1.316
7.4-	8.4	0.153333	0.170385	-0.017051	0.423333	0.406052	287.500	319.471	-31.971
8.4-	9.4	0.180000	0.192926	-0.012926	0.603333	0.598977	337.500	361.735	-24.235
9.4-	10.4	0.182222	0.174544	0.007678	0.785556	0.773521	341.667	327.270	14.396
10.4-	11.4	0.127778	0.121005	0.006773	0.913333	0.894526	239.583	226.884	12.699
11.4-	12.4	0.065556	0.060965	0.004590	0.978889	0.955491	122.917	114.310	8.607
12.4-	13.4	0.012222	0.020960	-0.008738	0.991111	0.976451	22.917	39.300	-16.383
13.4-	14.4	0.003333	0.004573	-0.001240	0.994444	0.981024	6.250	8.574	-2.324
14.4-	15.4	0.0	0.000583	-0.000583	0.994444	0.981607	0.0	1.093	-1.093
15.4-	16.4	0.005556	0.000040	0.005516	1.000000	0.981647	10.417	0.074	10.342

QUADRO 28 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS

GAMA = -0.2308									
DELTA = 1.6939									
MAX = 15.5000									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4-	5.4	0.067778	0.037965	0.029813	0.067778	0.037965	127.083	71.184	55.899
5.4-	6.4	0.077778	0.081785	-0.004008	0.145556	0.119750	145.833	153.348	-7.514
6.4-	7.4	0.124444	0.131936	-0.007492	0.270000	0.251687	233.333	247.380	-14.047
7.4-	8.4	0.153333	0.171763	-0.018430	0.423333	0.423450	287.500	322.056	-34.556
8.4-	9.4	0.180000	0.185996	-0.005996	0.603333	0.609446	337.500	348.742	-11.242
9.4-	10.4	0.182222	0.167428	0.014795	0.785556	0.776873	341.667	313.927	27.740
10.4-	11.4	0.127778	0.121256	0.006522	0.913333	0.898129	239.583	227.355	12.228
11.4-	12.4	0.065556	0.065032	0.000524	0.978889	0.963161	122.917	121.934	0.983
12.4-	13.4	0.012222	0.021390	-0.009168	0.991111	0.984551	22.917	40.107	-17.190
13.4-	14.4	0.003333	0.002710	0.000623	0.994444	0.987261	6.250	5.082	1.168
14.4-	15.4	0.0	0.000031	-0.000031	0.994444	0.987293	0.0	0.058	-0.058

QUADRO 29 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS

ALFA = 6.5121									
BETA = 5.7286									
MAX = 15.5000									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4-	5.4	0.067778	0.037067	0.030710	0.067778	0.037067	127.083	69.501	57.582
5.4-	6.4	0.077778	0.080282	-0.002504	0.145556	0.117350	145.833	150.529	-4.696
6.4-	7.4	0.124444	0.131777	-0.007333	0.270000	0.249127	233.333	247.082	-13.749
7.4-	8.4	0.153333	0.173436	-0.020103	0.423333	0.422563	287.500	325.193	-37.693
8.4-	9.4	0.180000	0.187444	-0.007444	0.603333	0.610006	337.500	351.457	-13.957
9.4-	10.4	0.182222	0.166445	0.015777	0.785556	0.776451	341.667	312.084	29.583
10.4-	11.4	0.127778	0.118641	0.009136	0.913333	0.895093	239.583	222.453	17.131
11.4-	12.4	0.065556	0.064055	0.001501	0.978889	0.959148	122.917	120.103	2.813
12.4-	13.4	0.012222	0.023086	-0.010864	0.991111	0.982234	22.917	43.287	-20.370
13.4-	14.4	0.003333	0.004118	-0.000785	0.994444	0.986332	6.250	7.722	-1.472
14.4-	15.4	0.0	0.000149	-0.000149	0.994444	0.986502	0.0	0.280	-0.280

QUADRO 30 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 3,5 ANOS

	NORMAL	LOG NORM	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	287.71737 (4)	564.22690 (6)	457.46293 (5)	186.42720 (2)	182.62538 (1)	199.32463 (3)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	30.080615 (4)	59.860039 (6)	47.673995 (5)	17.767932 (1)	19.178391 (2)	21.089450 (3)
QUI-QUADRADO	245.29009 (4)	284.36623 (5)	210.16626 (3)	1502.5413 (6)	59.943264 (1)	67.877075 (2)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.372562160-01 (4)	0.678078650-01 (6)	0.491200090-01 (5)	0.343330970-01 (3)	0.298127320-01 (1)	0.307103330-01 (2)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	0.74261416 (3)	3.7301755 (6)	2.1160740 (5)	0.80018005 (4)	0.36975888 (1)	0.45942546 (2)
LOG. DA PROBABILIDADE	-3964.2428 (4)	-4051.3239 (6)	-4006.5971 (5)	-3950.6921 (2)	-3950.2981 (1)	-3952.0333 (3)

## A P Ê N D I C E 2

SAÍDAS DO PACOTE DE COMPUTAÇÃO "MLES D" PARA  
DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS

QUADRO 31 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS

MÉDIA = 9.31357									
VARIÂNCIA = 7.30756									
DESVIO PADRÃO = 2.70325									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.001005	0.016123	-0.015118	0.001005	0.016123	2.083	33.422	-31.339
4.1-	5.1	0.054271	0.032645	0.021627	0.055276	0.048768	112.500	67.670	44.830
5.1-	6.1	0.078392	0.057730	0.020662	0.133668	0.106498	162.500	119.670	42.830
6.1-	7.1	0.113568	0.089172	0.024396	0.247236	0.195670	235.417	184.845	50.572
7.1-	8.1	0.108543	0.120307	-0.011764	0.355779	0.315976	225.000	249.385	-24.385
8.1-	9.1	0.124623	0.141773	-0.017150	0.480402	0.457750	258.333	293.884	-35.551
9.1-	10.1	0.141709	0.145929	-0.004221	0.622111	0.603679	293.750	302.500	-8.750
10.1-	11.1	0.113568	0.131200	-0.017632	0.735678	0.734879	235.417	271.967	-36.551
11.1-	12.1	0.101508	0.103031	-0.001524	0.837186	0.837911	210.417	213.576	-3.159
12.1-	13.1	0.074372	0.070672	0.003700	0.911558	0.908582	154.167	146.496	7.670
13.1-	14.1	0.056281	0.042341	0.013941	0.967839	0.950923	116.667	87.769	28.898
14.1-	15.1	0.017085	0.022157	-0.005071	0.984925	0.973080	35.417	45.929	-10.512
15.1-	16.1	0.010050	0.010127	-0.000077	0.994975	0.983206	20.833	20.992	-0.159
16.1-	17.1	0.002010	0.004043	-0.002033	0.996985	0.987249	4.167	8.380	-4.213
17.1-	18.1	0.0	0.001410	-0.001410	0.996985	0.988658	0.0	2.922	-2.922
18.1-	19.1	0.001005	0.000429	0.000576	0.997990	0.989088	2.083	0.890	1.194
19.1-	20.1	0.002010	0.000114	0.001896	1.000000	0.989202	4.167	0.237	3.930

QUADRO 32 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS

MÉDIA = 2.05995									
VARIÂNCIA = 0.12345									
DESVIO PADRÃO = 0.35136									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.001005	0.004024	-0.003019	0.001005	0.004024	2.083	8.341	-6.257
4.1-	5.1	0.054271	0.028260	0.026011	0.055276	0.032284	112.500	58.581	53.919
5.1-	6.1	0.078392	0.077756	0.000636	0.133668	0.110040	162.500	161.182	1.318
6.1-	7.1	0.113568	0.126789	-0.013221	0.247236	0.236829	235.417	262.823	-27.406
7.1-	8.1	0.108543	0.151213	-0.042670	0.355779	0.388042	225.000	313.452	-88.452
8.1-	9.1	0.124623	0.148058	-0.023435	0.480402	0.536100	258.333	306.912	-48.579
9.1-	10.1	0.141709	0.127355	0.014353	0.622111	0.663455	293.750	263.997	29.753
10.1-	11.1	0.113568	0.100353	0.013215	0.735678	0.763808	235.417	208.024	27.393
11.1-	12.1	0.101508	0.074428	0.027080	0.837186	0.838236	210.417	154.283	56.134
12.1-	13.1	0.074372	0.052907	0.021465	0.911558	0.891143	154.167	109.671	44.495
13.1-	14.1	0.056281	0.036501	0.019781	0.967839	0.927644	116.667	75.663	41.004
14.1-	15.1	0.017085	0.024657	-0.007572	0.984925	0.952301	35.417	51.112	-15.696
15.1-	16.1	0.010050	0.016414	-0.006364	0.994975	0.968715	20.833	34.025	-13.192
16.1-	17.1	0.002010	0.010818	-0.008808	0.996985	0.979533	4.167	22.426	-18.259
17.1-	18.1	0.0	0.007084	-0.007084	0.996985	0.986617	0.0	14.685	-14.685
18.1-	19.1	0.001005	0.004621	-0.003616	0.997990	0.991238	2.083	9.578	-7.495
19.1-	20.1	0.002010	0.003008	-0.000998	1.000000	0.994246	4.167	6.236	-2.069



QUADRO 33 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS

ALFA = 8.79288  
BETA = 0.94549

X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.001005	0.007655	-0.006650	0.001005	0.007655	2.083	15.869	-13.785
4.1-	5.1	0.054271	0.031088	0.023183	0.055276	0.038743	112.500	64.443	48.057
5.1-	6.1	0.078392	0.071203	0.007189	0.133668	0.109946	162.500	147.597	14.903
6.1-	7.1	0.113568	0.113706	-0.000138	0.247236	0.223652	235.417	235.703	-0.287
7.1-	8.1	0.108543	0.141916	-0.033374	0.355779	0.365568	225.000	294.181	-69.181
8.1-	9.1	0.124623	0.148144	-0.023521	0.480402	0.513712	258.333	307.090	-48.757
9.1-	10.1	0.141709	0.135108	0.006601	0.622111	0.648820	293.750	280.068	13.682
10.1-	11.1	0.113568	0.110834	0.002734	0.735678	0.759654	235.417	229.749	5.667
11.1-	12.1	0.101508	0.083508	0.018000	0.837186	0.843162	210.417	173.105	37.312
12.1-	13.1	0.074372	0.058688	0.015684	0.911558	0.901850	154.167	121.655	32.512
13.1-	14.1	0.056281	0.038905	0.017377	0.967839	0.940755	116.667	80.647	36.020
14.1-	15.1	0.017085	0.024551	-0.007465	0.984925	0.965305	35.417	50.891	-15.474
15.1-	16.1	0.010050	0.014847	-0.004797	0.994975	0.980153	20.833	30.777	-9.944
16.1-	17.1	0.002010	0.008655	-0.006645	0.996985	0.988808	4.167	17.942	-13.775
17.1-	18.1	0.0	0.004886	-0.004886	0.996985	0.993694	0.0	10.128	-10.128
18.1-	19.1	0.001005	0.002680	-0.001675	0.997990	0.996374	2.083	5.556	-3.473
19.1-	20.1	0.002010	0.001434	0.000576	1.000000	0.997808	4.167	2.972	1.195

QUADRO 34 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS

BETA = 9.26755  
C = 3.38829

X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.001005	0.017650	-0.016645	0.001005	0.017650	2.083	36.588	-34.505
4.1-	5.1	0.054271	0.036970	0.017301	0.055276	0.054621	112.500	76.637	35.863
5.1-	6.1	0.078392	0.062661	0.015731	0.133668	0.117282	162.500	129.891	32.609
6.1-	7.1	0.113568	0.091475	0.022093	0.247236	0.208757	235.417	189.620	45.796
7.1-	8.1	0.108543	0.118060	-0.009517	0.355779	0.326817	225.000	244.728	-19.728
8.1-	9.1	0.124623	0.136019	-0.011396	0.480402	0.462835	258.333	281.956	-23.622
9.1-	10.1	0.141709	0.140042	0.001667	0.622111	0.602877	293.750	290.295	3.455
10.1-	11.1	0.113568	0.128333	-0.014765	0.735678	0.731210	235.417	266.023	-30.606
11.1-	12.1	0.101508	0.103915	-0.002408	0.837186	0.835125	210.417	215.408	-4.991
12.1-	13.1	0.074372	0.073647	0.000725	0.911558	0.908772	154.167	152.664	1.503
13.1-	14.1	0.056281	0.045177	0.011104	0.967839	0.953950	116.667	93.649	23.018
14.1-	15.1	0.017085	0.023692	-0.006606	0.984925	0.977641	35.417	49.111	-13.694
15.1-	16.1	0.010050	0.010480	-0.000430	0.994975	0.988121	20.833	21.724	-0.890
16.1-	17.1	0.002010	0.003855	-0.001845	0.996985	0.991976	4.167	7.991	-3.824
17.1-	18.1	0.0	0.001162	-0.001162	0.996985	0.993138	0.0	2.408	-2.408
18.1-	19.1	0.001005	0.000282	0.000723	0.997990	0.993420	2.083	0.585	1.498
19.1-	20.1	0.002010	0.000054	0.001956	1.000000	0.993475	4.167	0.113	4.054

QUADRO 35 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS

GAMA =		0.2946							
DELTA =		1.5494							
MAX =		19.2000							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.001005	0.013332	-0.012327	0.001005	0.013332	2.083	27.636	-25.553
4.1-	5.1	0.054271	0.037257	0.017014	0.055276	0.050590	112.500	77.232	35.268
5.1-	6.1	0.078392	0.068888	0.009504	0.133668	0.119477	162.500	142.798	19.702
6.1-	7.1	0.113568	0.100060	0.013508	0.247236	0.219537	235.417	207.416	28.000
7.1-	8.1	0.108543	0.123748	-0.015205	0.355779	0.343285	225.000	256.518	-31.518
8.1-	9.1	0.124623	0.135725	-0.011102	0.480402	0.479010	238.333	281.347	-23.013
9.1-	10.1	0.141709	0.134717	0.006992	0.622111	0.613726	293.750	279.256	14.494
10.1-	11.1	0.113568	0.121929	-0.008361	0.735678	0.735655	235.417	252.748	-17.332
11.1-	12.1	0.101508	0.100392	0.001116	0.837186	0.836047	210.417	208.104	2.313
12.1-	13.1	0.074372	0.074257	0.000115	0.911538	0.910304	154.167	153.929	0.238
13.1-	14.1	0.056281	0.048061	0.008220	0.967839	0.958365	116.667	99.626	17.041
14.1-	15.1	0.017085	0.025916	-0.008831	0.984925	0.984281	35.417	53.722	-18.305
15.1-	16.1	0.010050	0.010609	-0.000559	0.994975	0.994890	20.833	21.992	-1.158
16.1-	17.1	0.002010	0.002721	-0.000711	0.996985	0.997611	4.167	5.640	-1.474
17.1-	18.1	0.0	0.000277	-0.000277	0.996985	0.997888	0.0	0.574	-0.574
18.1-	19.1	0.001005	0.000003	0.001002	0.997990	0.997891	2.083	0.006	2.078

QUADRO 36 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS

ALFA =		5.5379							
BETA =		8.9581							
MAX =		22.7652							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.001005	0.012612	-0.011607	0.001005	0.012612	2.083	26.144	-24.061
4.1-	5.1	0.054271	0.034946	0.019326	0.055276	0.047558	112.500	72.440	40.060
5.1-	6.1	0.078392	0.066982	0.011410	0.133668	0.114539	162.500	138.847	23.653
6.1-	7.1	0.113568	0.100988	0.012580	0.247236	0.215527	235.417	209.339	26.077
7.1-	8.1	0.108543	0.127844	-0.019301	0.355779	0.343371	225.000	265.009	-40.009
8.1-	9.1	0.124623	0.140885	-0.016262	0.480402	0.484256	238.333	292.043	-33.709
9.1-	10.1	0.141709	0.137953	0.003756	0.622111	0.622209	293.750	283.965	9.785
10.1-	11.1	0.113568	0.121354	-0.007786	0.735678	0.743562	235.417	251.556	-16.140
11.1-	12.1	0.101508	0.096322	0.005186	0.837186	0.839884	210.417	199.667	10.749
12.1-	13.1	0.074372	0.068910	0.005462	0.911538	0.908794	154.167	142.844	11.322
13.1-	14.1	0.056281	0.044157	0.012125	0.967839	0.952951	116.667	91.534	25.133
14.1-	15.1	0.017085	0.025037	-0.007951	0.984925	0.977988	35.417	51.899	-16.483
15.1-	16.1	0.010050	0.012314	-0.002263	0.994975	0.990301	20.833	25.525	-4.692
16.1-	17.1	0.002010	0.005092	-0.003082	0.996985	0.995394	4.167	10.555	-6.389
17.1-	18.1	0.0	0.001686	-0.001686	0.996985	0.997079	0.0	3.494	-3.494
18.1-	19.1	0.001005	0.000412	0.000593	0.997990	0.997491	2.083	0.854	1.229
19.1-	20.1	0.002010	0.000064	0.001946	1.000000	0.997556	4.167	0.133	4.033

QUADRO 37 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 4,5 ANOS

	NORMAL	LOG NORM	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	337.46436 (4)	496.10650 (6)	374.15106 (5)	282.06447 (2)	238.06096 (1)	295.01860 (3)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	25.344798 (4)	41.206681 (6)	29.343325 (5)	20.142326 (2)	18.462875 (1)	22.252884 (3)
QUI-QUADRADO	184.38603 (2)	203.53556 (3)	138.22838 (1)	238.92705 (5)	824.89504 (6)	208.22255 (4)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.515664810-01 (5)	0.556978240-01 (6)	0.333102540-01 (3)	0.384792700-01 (4)	0.276989550-01 (1)	0.317089530-01 (2)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	1.2761717 (5)	2.2988013 (6)	1.0377750 (4)	0.75484405 (3)	0.26348778 (1)	0.35581843 (2)
LOG. DA PROBABILIDADE	-5002.7637 (5)	-5043.2609 (6)	-4997.4867 (4)	-4983.3135 (3)	-4968.0732 (1)	-4969.6780 (2)

## A P Ê N D I C E 3

SAÍDAS DO PACOTE DE COMPUTAÇÃO "MLES<sub>D</sub>" PARA  
DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS

QUADRO 38 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS

MÉDIA = 10.60630  
 VARIÂNCIA = 9.44177  
 DESVIO PADRÃO = 3.07275

X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
2.7-	3.7	0.0	0.007260	-0.007260	0.0	0.007260	0.0	12.010	-12.010
3.7-	4.7	0.015113	0.014992	0.000121	0.015113	0.022253	25.000	24.800	0.200
4.7-	5.7	0.046599	0.027872	0.018728	0.061713	0.050124	77.083	46.104	30.979
5.7-	6.7	0.057935	0.046651	0.011283	0.119647	0.096775	95.833	77.169	18.665
6.7-	7.7	0.089421	0.070302	0.019119	0.209068	0.167077	147.917	116.291	31.626
7.7-	8.7	0.085642	0.095383	-0.009741	0.294710	0.262460	141.667	157.780	-16.113
8.7-	9.7	0.107053	0.116516	-0.009463	0.401763	0.378977	177.083	192.737	-15.654
9.7-	10.7	0.088161	0.128147	-0.039985	0.489924	0.507123	145.833	211.976	-66.142
10.7-	11.7	0.142317	0.126892	0.015425	0.632242	0.634015	235.417	209.901	25.516
11.7-	12.7	0.127204	0.113128	0.014076	0.759446	0.747143	210.417	187.132	23.284
12.7-	13.7	0.064232	0.090805	-0.026574	0.823678	0.837949	106.250	150.207	-43.957
13.7-	14.7	0.078086	0.065624	0.012462	0.901763	0.903572	129.167	108.552	20.614
14.7-	15.7	0.056675	0.042698	0.013977	0.958438	0.946271	93.750	70.630	23.120
15.7-	16.7	0.021411	0.025013	-0.003602	0.979849	0.971284	35.417	41.376	-5.959
16.7-	17.7	0.011335	0.013192	-0.001857	0.991184	0.984476	18.750	21.822	-3.072
17.7-	18.7	0.002519	0.006264	-0.003745	0.993703	0.990741	4.167	10.362	-6.196
18.7-	19.7	0.003778	0.002678	0.001100	0.997481	0.993419	6.250	4.430	1.820
19.7-	20.7	0.002519	0.001031	0.001488	1.000000	0.994449	4.167	1.705	2.462

QUADRO 39 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS

MÉDIA = 2.20438  
 VARIÂNCIA = 0.12643  
 DESVIO PADRÃO = 0.35557

X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
2.7-	3.7	0.0	0.000328	-0.000328	0.0	0.000328	0.0	0.543	-0.543
3.7-	4.7	0.015113	0.005538	0.009576	0.015113	0.005866	25.000	9.160	15.840
4.7-	5.7	0.046599	0.026490	0.020110	0.061713	0.032356	77.083	43.819	33.264
5.7-	6.7	0.057935	0.063639	-0.005704	0.119647	0.095995	95.833	105.269	-9.436
6.7-	7.7	0.089421	0.101635	-0.012215	0.209068	0.197630	147.917	168.122	-20.205
7.7-	8.7	0.085642	0.125531	-0.039888	0.294710	0.323161	141.667	207.649	-65.982
8.7-	9.7	0.107053	0.130872	-0.023819	0.401763	0.454033	177.083	216.484	-39.400
9.7-	10.7	0.088161	0.121515	-0.033353	0.489924	0.575547	145.833	201.005	-55.172
10.7-	11.7	0.142317	0.104009	0.038308	0.632242	0.679557	235.417	172.049	63.368
11.7-	12.7	0.127204	0.083982	0.043222	0.759446	0.763538	210.417	138.920	71.497
12.7-	13.7	0.064232	0.064994	-0.000762	0.823678	0.828532	106.250	107.511	-1.261
13.7-	14.7	0.078086	0.048757	0.029329	0.901763	0.877289	129.167	80.652	48.515
14.7-	15.7	0.056675	0.035745	0.020930	0.958438	0.913034	93.750	59.128	34.622
15.7-	16.7	0.021411	0.025765	-0.004354	0.979849	0.938798	35.417	42.619	-7.202
16.7-	17.7	0.011335	0.018342	-0.007007	0.991184	0.957140	18.750	30.340	-11.590
17.7-	18.7	0.002519	0.012940	-0.010421	0.993703	0.970080	4.167	21.405	-17.238
18.7-	19.7	0.003778	0.009071	-0.005293	0.997481	0.979151	6.250	15.006	-8.756
19.7-	20.7	0.002519	0.006332	-0.003813	1.000000	0.985483	4.167	10.474	-6.307

QUADRO 40 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS

ALFA =		8.77858							
BETA =		1.09429							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
2.7-	3.7	0.0	0.001357	-0.001357	0.0	0.001357	0.0	2.244	-2.244
3.7-	4.7	0.015113	0.008744	0.006369	0.015113	0.010101	25.000	14.464	10.536
4.7-	5.7	0.046599	0.027827	0.018772	0.061713	0.037928	77.083	46.031	31.052
5.7-	6.7	0.057935	0.057837	0.000098	0.119647	0.095765	95.833	95.672	0.162
6.7-	7.7	0.089421	0.090586	-0.001165	0.209068	0.186351	147.917	149.845	-1.928
7.7-	8.7	0.085642	0.116056	-0.030413	0.294710	0.302407	141.667	191.975	-50.309
8.7-	9.7	0.107053	0.128014	-0.020961	0.401763	0.430421	177.083	211.756	-34.673
9.7-	10.7	0.088161	0.125791	-0.037630	0.489924	0.556212	145.833	208.080	-62.246
10.7-	11.7	0.142317	0.112715	0.029603	0.632242	0.668927	235.417	186.449	48.968
11.7-	12.7	0.127204	0.093696	0.033508	0.759446	0.762623	210.417	154.989	55.427
12.7-	13.7	0.064232	0.073190	-0.008958	0.823678	0.835812	106.250	121.068	-14.818
13.7-	14.7	0.078086	0.054247	0.023838	0.901763	0.890060	129.167	89.734	39.432
14.7-	15.7	0.056675	0.038442	0.018233	0.958438	0.928502	93.750	63.590	30.160
15.7-	16.7	0.021411	0.026207	-0.004797	0.979849	0.954709	35.417	43.351	-7.935
16.7-	17.7	0.011335	0.017272	-0.005937	0.991184	0.971982	18.750	28.571	-9.821
17.7-	18.7	0.002519	0.011049	-0.008530	0.993703	0.983030	4.167	18.277	-14.110
18.7-	19.7	0.003778	0.006884	-0.003106	0.997481	0.989915	6.250	11.388	-5.138
19.7-	20.7	0.002519	0.004189	-0.001670	1.000000	0.994104	4.167	6.929	-2.763

QUADRO 41 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS

BETA =		10.69294							
C =		3.47331							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
2.7-	3.7	0.0	0.006676	-0.006676	0.0	0.006676	0.0	11.043	-11.043
3.7-	4.7	0.015113	0.016402	-0.001288	0.015113	0.023078	25.000	27.131	-2.131
4.7-	5.7	0.046599	0.031164	0.015435	0.061713	0.054242	77.083	51.551	25.532
5.7-	6.7	0.057935	0.050447	0.007487	0.119647	0.104689	95.833	83.448	12.385
6.7-	7.7	0.089421	0.072578	0.016843	0.209068	0.177267	147.917	120.056	27.860
7.7-	8.7	0.085642	0.094653	-0.009010	0.294710	0.271920	141.667	156.571	-14.905
8.7-	9.7	0.107053	0.112855	-0.005802	0.401763	0.384775	177.083	186.681	-9.597
9.7-	10.7	0.088161	0.123293	-0.035131	0.489924	0.508067	145.833	203.946	-58.113
10.7-	11.7	0.142317	0.123215	0.019102	0.632242	0.631282	235.417	203.818	31.599
11.7-	12.7	0.127204	0.112165	0.015039	0.759446	0.743447	210.417	185.539	24.877
12.7-	13.7	0.064232	0.092443	-0.028212	0.823678	0.835890	106.250	152.917	-46.667
13.7-	14.7	0.078086	0.068468	0.009618	0.901763	0.904358	129.167	113.257	15.909
14.7-	15.7	0.056675	0.045185	0.011491	0.958438	0.949543	93.750	74.743	19.007
15.7-	16.7	0.021411	0.026322	-0.004911	0.979849	0.975864	35.417	43.540	-8.124
16.7-	17.7	0.011335	0.013399	-0.002064	0.991184	0.989263	18.750	22.164	-3.414
17.7-	18.7	0.002519	0.005896	-0.003377	0.993703	0.995159	4.167	9.754	-5.587
18.7-	19.7	0.003778	0.002218	0.001560	0.997481	0.997377	6.250	3.669	2.581
19.7-	20.7	0.002519	0.000705	0.001814	1.000000	0.998082	4.167	1.166	3.001

QUADRO 42 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS

GAMA =		0.3592							
DELTA =		1.5845							
MAX =		22.4201							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
2.7-	3.7	0.0	0.003163	-0.003163	0.0	0.003163	0.0	5.232	-5.232
3.7-	4.7	0.015113	0.013515	0.001599	0.015113	0.016678	25.000	22.356	2.644
4.7-	5.7	0.046599	0.032419	0.014181	0.061713	0.049096	77.083	53.626	23.457
5.7-	6.7	0.057935	0.056667	0.001268	0.119647	0.105763	95.833	93.736	2.097
6.7-	7.7	0.089421	0.081307	0.008114	0.209068	0.187070	147.917	134.495	13.421
7.7-	8.7	0.085642	0.101803	-0.016161	0.294710	0.288873	141.667	168.399	-26.733
8.7-	9.7	0.107053	0.115044	-0.007991	0.401763	0.403917	177.083	190.301	-13.218
9.7-	10.7	0.088161	0.119578	-0.031417	0.489924	0.523495	145.833	197.802	-51.969
10.7-	11.7	0.142317	0.115463	0.026855	0.632242	0.638958	235.417	190.995	44.422
11.7-	12.7	0.127204	0.103942	0.023262	0.759446	0.742900	210.417	171.938	38.479
12.7-	13.7	0.064232	0.087084	-0.022852	0.823678	0.829984	106.250	144.052	-37.802
13.7-	14.7	0.078086	0.067411	0.010675	0.901763	0.897395	129.167	111.509	17.658
14.7-	15.7	0.056675	0.047535	0.009140	0.958438	0.944930	93.750	78.631	15.119
15.7-	16.7	0.021411	0.029804	-0.008393	0.979849	0.974734	35.417	49.301	-13.884
16.7-	17.7	0.011335	0.015930	-0.004615	0.991184	0.990684	18.750	26.383	-7.633
17.7-	18.7	0.002519	0.006782	-0.004263	0.993703	0.997466	4.167	11.219	-7.052
18.7-	19.7	0.003778	0.002002	0.001776	0.997481	0.999468	6.250	3.311	2.939
19.7-	20.7	0.002519	0.000308	0.002211	1.000000	0.999776	4.167	0.510	3.657

QUADRO 43 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS

ALFA =		5.0061								
BETA =		6.2215								
MAX =		22.5439								
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO	
2.7-	3.7	0.0	0.004405	-0.004405	0.0	0.004405	0.0	7.286	-7.286	
3.7-	4.7	0.015113	0.014374	0.000739	0.015113	0.018779	25.000	23.777	1.223	
4.7-	5.7	0.046599	0.031436	0.015164	0.061713	0.050214	77.083	52.000	25.084	
5.7-	6.7	0.057935	0.053916	0.004018	0.119647	0.104131	95.833	89.186	6.647	
6.7-	7.7	0.089421	0.078223	0.011198	0.209068	0.182353	147.917	129.393	18.524	
7.7-	8.7	0.085642	0.100017	-0.014375	0.294710	0.282370	141.667	165.445	-23.778	
8.7-	9.7	0.107053	0.115404	-0.008351	0.401763	0.397774	177.083	190.897	-13.814	
9.7-	10.7	0.088161	0.121826	-0.033665	0.489924	0.519600	145.833	201.521	-55.688	
10.7-	11.7	0.142317	0.118526	0.023792	0.632242	0.638126	235.417	196.061	39.355	
11.7-	12.7	0.127204	0.106548	0.020656	0.759446	0.744674	210.417	176.248	34.169	
12.7-	13.7	0.064232	0.088356	-0.024125	0.823678	0.833030	106.250	146.156	-39.906	
13.7-	14.7	0.078086	0.067194	0.010891	0.901763	0.900225	129.167	111.151	18.016	
14.7-	15.7	0.056675	0.046345	0.010331	0.958438	0.946569	93.750	76.662	17.088	
15.7-	16.7	0.021411	0.028460	-0.007050	0.979849	0.975030	35.417	47.078	-11.662	
16.7-	17.7	0.011335	0.015105	-0.003770	0.991184	0.990134	18.750	24.986	-6.236	
17.7-	18.7	0.002519	0.006593	-0.004074	0.993703	0.996727	4.167	10.906	-6.739	
18.7-	19.7	0.003778	0.002167	0.001612	0.997481	0.998894	6.250	3.584	2.666	
19.7-	20.7	0.002519	0.000450	0.002069	1.000000	0.999344	4.167	0.744	3.423	

QUADRO 44 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 5,5 ANOS

	NORMAL	LUG NORM	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	347.38989 (4)	510.19962 (6)	421.72144 (5)	322.33258 (1)	327.41606 (2)	331.30292 (3)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	28.323733 (4)	40.787362 (6)	34.926716 (5)	26.456331 (1)	27.399285 (2)	27.713727 (3)
QUI-QUADRADO	109.13992 (3)	237.78062 (6)	153.64316 (5)	94.953073 (1)	109.97036 (4)	100.88445 (2)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.419909400-01 (4)	0.836230190-01 (6)	0.662875340-01 (5)	0.318009940-01 (2)	0.335706920-01 (3)	0.296759290-01 (1)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	0.65500269 (4)	3.0390082 (6)	1.6383862 (5)	0.42547251 (3)	0.40069581 (2)	0.39718214 (1)
LOG. DA PROBABILIDADE	-4204.0819 (4)	-4283.1203 (6)	-4228.2590 (5)	-4190.1194 (3)	-4184.7247 (1)	-4185.9810 (2)



## APÊNDICE 4

SAÍDAS DO PACOTE DE COMPUTAÇÃO "MLES D" PARA  
DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS

QUADRO 45 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS

MÉDIA =		9.91711								
VARIÂNCIA =		10.34656								
DESVIO PADRÃO =		3.21661								
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO	
3.1-	4.1	0.0	0.018237	-0.018237	0.0	0.018237	0.0	33.966	-33.966	
4.1-	5.1	0.044743	0.031854	0.012888	0.044743	0.050091	83.333	59.329	24.004	
5.1-	6.1	0.076063	0.050553	0.025509	0.120805	0.100645	141.667	94.156	47.511	
6.1-	7.1	0.107383	0.072894	0.034489	0.228188	0.173538	200.000	135.764	64.236	
7.1-	8.1	0.102908	0.095497	0.007412	0.331096	0.269035	191.667	177.863	13.804	
8.1-	9.1	0.116331	0.113671	0.002660	0.447427	0.382706	216.667	211.712	4.955	
9.1-	10.1	0.109620	0.122934	-0.013314	0.557047	0.505640	204.167	228.965	-24.798	
10.1-	11.1	0.104027	0.120797	-0.016770	0.661074	0.626437	193.750	224.985	-31.235	
11.1-	12.1	0.079418	0.107846	-0.028428	0.740492	0.734283	147.917	200.863	-52.947	
12.1-	13.1	0.081655	0.087481	-0.005825	0.822148	0.821764	152.083	162.933	-10.850	
13.1-	14.1	0.064877	0.064474	0.000403	0.887025	0.886238	120.833	120.082	0.751	
14.1-	15.1	0.043624	0.043173	0.000451	0.930649	0.929411	81.250	80.410	0.840	
15.1-	16.1	0.038031	0.026267	0.011765	0.968680	0.955678	70.833	48.921	21.912	
16.1-	17.1	0.014541	0.014519	0.000022	0.983221	0.970197	27.083	27.042	0.041	
17.1-	18.1	0.007830	0.007292	0.000538	0.991051	0.977489	14.583	13.581	1.002	
18.1-	19.1	0.004474	0.003327	0.001147	0.995526	0.980817	8.333	6.197	2.136	
19.1-	20.1	0.002237	0.001379	0.000858	0.997763	0.982196	4.167	2.569	1.597	
20.1-	21.1	0.002237	0.000520	0.001718	1.000000	0.982716	4.167	0.968	3.199	

QUADRO 46 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS

MÉDIA =		2.11899								
VARIÂNCIA =		0.14496								
DESVIO PADRÃO =		0.38074								
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO	
3.1-	4.1	0.0	0.004596	-0.004596	0.0	0.004596	0.0	8.560	-8.560	
4.1-	5.1	0.044743	0.026730	0.018013	0.044743	0.031326	83.333	49.784	33.549	
5.1-	6.1	0.076063	0.067693	0.008370	0.120805	0.099018	141.667	126.077	15.589	
6.1-	7.1	0.107383	0.108070	-0.000687	0.228188	0.207088	200.000	201.280	-1.280	
7.1-	8.1	0.102908	0.130981	-0.028073	0.331096	0.338069	191.667	243.952	-52.286	
8.1-	9.1	0.116331	0.133384	-0.017053	0.447427	0.471453	216.667	248.428	-31.761	
9.1-	10.1	0.109620	0.121102	-0.011482	0.557047	0.592555	204.167	225.552	-21.385	
10.1-	11.1	0.104027	0.101690	0.002337	0.661074	0.694245	193.750	189.398	4.352	
11.1-	12.1	0.079418	0.080874	-0.001456	0.740492	0.775119	147.917	150.628	-2.711	
12.1-	13.1	0.081655	0.061896	0.019759	0.822148	0.837015	152.083	115.282	36.802	
13.1-	14.1	0.064877	0.046093	0.018784	0.887025	0.883108	120.833	85.849	34.983	
14.1-	15.1	0.043624	0.033661	0.009963	0.930649	0.916769	81.250	62.694	18.556	
15.1-	16.1	0.038031	0.024244	0.013788	0.968680	0.941013	70.833	45.154	25.680	
16.1-	17.1	0.014541	0.017292	-0.002751	0.983221	0.958305	27.083	32.207	-5.124	
17.1-	18.1	0.007830	0.012253	-0.004423	0.991051	0.970558	14.583	22.821	-8.238	
18.1-	19.1	0.004474	0.008646	-0.004171	0.995526	0.979204	8.333	16.102	-7.769	
19.1-	20.1	0.002237	0.006085	-0.003848	0.997763	0.985289	4.167	11.334	-7.167	
20.1-	21.1	0.002237	0.004278	-0.002041	1.000000	0.989567	4.167	7.968	-3.802	

QUADRO 47 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS

ALFA = 7.41052  
BETA = 1.20331

X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.0	0.009105	-0.009105	0.0	0.009105	0.0	16.958	-16.958
4.1-	5.1	0.044743	0.030322	0.014421	0.044743	0.039427	83.333	56.475	26.858
5.1-	6.1	0.076063	0.062559	0.013504	0.120805	0.101986	141.667	116.516	25.151
6.1-	7.1	0.107383	0.095691	0.011692	0.228188	0.197676	200.000	178.224	21.776
7.1-	8.1	0.102908	0.119395	-0.016486	0.331096	0.317071	191.667	222.373	-30.706
8.1-	9.1	0.116331	0.128568	-0.012237	0.447427	0.445639	216.667	239.457	-22.791
9.1-	10.1	0.109620	0.123863	-0.014243	0.557047	0.569502	204.167	230.694	-26.528
10.1-	11.1	0.104027	0.109376	-0.005350	0.661074	0.678878	193.750	203.713	-9.963
11.1-	12.1	0.079418	0.090064	-0.010646	0.740492	0.768942	147.917	167.745	-19.828
12.1-	13.1	0.081655	0.070024	0.011631	0.822148	0.838967	152.083	130.420	21.663
13.1-	14.1	0.064877	0.051900	0.012977	0.887025	0.890867	120.833	94.664	24.169
14.1-	15.1	0.043624	0.036936	0.006688	0.930649	0.927803	81.250	68.793	12.457
15.1-	16.1	0.038031	0.025385	0.012647	0.968680	0.953188	70.833	47.279	23.554
16.1-	17.1	0.014541	0.016927	-0.002385	0.983221	0.970114	27.083	31.526	-4.443
17.1-	18.1	0.007830	0.010992	-0.003162	0.991051	0.981107	14.583	20.473	-5.890
18.1-	19.1	0.004474	0.006973	-0.002499	0.995526	0.988080	8.333	12.988	-4.655
19.1-	20.1	0.002237	0.004332	-0.002095	0.997763	0.992413	4.167	8.069	-3.902
20.1-	21.1	0.002237	0.002642	-0.000405	1.000000	0.995055	4.167	4.921	-0.754

QUADRO 48 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS

BETA = 10.00166  
C = 3.00781

X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.0	0.019972	-0.019972	0.0	0.019972	0.0	37.197	-37.197
4.1-	5.1	0.044743	0.037047	0.007695	0.044743	0.057019	83.333	69.001	14.333
5.1-	6.1	0.076063	0.057441	0.018622	0.120805	0.114460	141.667	106.984	34.683
6.1-	7.1	0.107383	0.078715	0.028668	0.228188	0.193175	200.000	146.606	53.394
7.1-	8.1	0.102908	0.097794	0.005114	0.331096	0.290969	191.667	182.142	9.524
8.1-	9.1	0.116331	0.111502	0.004829	0.447427	0.402471	216.667	207.672	8.995
9.1-	10.1	0.109620	0.117306	-0.007686	0.557047	0.519777	204.167	218.482	-14.316
10.1-	11.1	0.104027	0.114066	-0.010039	0.661074	0.633843	193.750	212.449	-18.699
11.1-	12.1	0.079418	0.102455	-0.023036	0.740492	0.736298	147.917	190.822	-42.905
12.1-	13.1	0.081655	0.084830	-0.003175	0.822148	0.821128	152.083	157.996	-5.913
13.1-	14.1	0.064877	0.064550	0.000327	0.887025	0.885678	120.833	120.225	0.608
14.1-	15.1	0.043624	0.044975	-0.001351	0.930649	0.930653	81.250	83.766	-2.516
15.1-	16.1	0.038031	0.028572	0.009459	0.968680	0.959225	70.833	53.216	17.617
16.1-	17.1	0.014541	0.016476	-0.001935	0.983221	0.975702	27.083	30.687	-3.604
17.1-	18.1	0.007830	0.008583	-0.000753	0.991051	0.984284	14.583	15.985	-1.402
18.1-	19.1	0.004474	0.004019	0.000456	0.995526	0.988303	8.333	7.484	0.849
19.1-	20.1	0.002237	0.001682	0.000555	0.997763	0.989985	4.167	3.134	1.033
20.1-	21.1	0.002237	0.000627	0.001611	1.000000	0.990612	4.167	1.167	3.000

QUADRO 49 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS

GAMA =		1.1604							
DELTA =		1.7157							
MAX =		26.6276							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.0	0.011053	-0.011053	0.0	0.011053	0.0	20.587	-20.587
4.1-	5.1	0.044743	0.033550	0.011193	0.044743	0.044603	83.333	62.487	20.846
5.1-	6.1	0.076063	0.063577	0.012486	0.120805	0.108180	141.667	118.412	23.255
6.1-	7.1	0.107383	0.092035	0.015347	0.228188	0.200216	200.000	171.415	28.585
7.1-	8.1	0.102908	0.112145	-0.009237	0.331096	0.312361	191.667	208.871	-17.204
8.1-	9.1	0.116331	0.121124	-0.004793	0.447427	0.433485	216.667	225.594	-8.927
9.1-	10.1	0.109620	0.119424	-0.009804	0.557047	0.552909	204.167	222.427	-18.260
10.1-	11.1	0.104027	0.109363	-0.005336	0.661074	0.662272	193.750	203.689	-9.939
11.1-	12.1	0.079418	0.093952	-0.014534	0.740492	0.756224	147.917	174.986	-27.069
12.1-	13.1	0.081655	0.076107	0.005548	0.822148	0.832331	152.083	141.750	10.334
13.1-	14.1	0.064877	0.058222	0.006655	0.887025	0.890593	120.833	108.439	12.395
14.1-	15.1	0.043624	0.041997	0.001627	0.930649	0.932550	81.250	78.219	3.031
15.1-	16.1	0.038031	0.028433	0.009598	0.968680	0.960983	70.833	52.956	17.877
16.1-	17.1	0.014541	0.017924	-0.003383	0.983221	0.978907	27.083	33.383	-6.300
17.1-	18.1	0.007830	0.010392	-0.002562	0.991091	0.989299	14.583	19.355	-4.772
18.1-	19.1	0.004474	0.005441	-0.000967	0.995526	0.994740	8.333	10.134	-1.800
19.1-	20.1	0.002237	0.002503	-0.000266	0.997763	0.997243	4.167	4.662	-0.495
20.1-	21.1	0.002237	0.000970	0.001267	1.000000	0.998213	4.167	1.807	2.359

QUADRO 50 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS

ALFA =		5.5191							
BETA =		15.5029							
MAX =		34.9772							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
3.1-	4.1	0.0	0.012424	-0.012424	0.0	0.012424	0.0	23.140	-23.140
4.1-	5.1	0.044743	0.032855	0.011887	0.044743	0.045279	83.333	61.193	22.140
5.1-	6.1	0.076063	0.060632	0.015431	0.120805	0.105911	141.667	112.927	28.740
6.1-	7.1	0.107383	0.088948	0.018435	0.228188	0.194859	200.000	165.665	34.335
7.1-	8.1	0.102908	0.110966	-0.008058	0.331096	0.305825	191.667	206.674	-15.008
8.1-	9.1	0.116331	0.122387	-0.006056	0.447427	0.428212	216.667	227.946	-11.279
9.1-	10.1	0.109620	0.122234	-0.012614	0.557047	0.550446	204.167	227.661	-23.494
10.1-	11.1	0.104027	0.112276	-0.008249	0.661074	0.662722	193.750	209.114	-15.364
11.1-	12.1	0.079418	0.095821	-0.016402	0.740492	0.758543	147.917	178.466	-30.549
12.1-	13.1	0.081655	0.076495	0.005161	0.822148	0.835037	152.083	142.471	9.612
13.1-	14.1	0.064877	0.057365	0.007511	0.887025	0.892403	120.833	106.843	13.990
14.1-	15.1	0.043624	0.040510	0.003115	0.930649	0.932912	81.250	75.449	5.801
15.1-	16.1	0.038031	0.026961	0.011070	0.968680	0.959873	70.833	50.215	20.618
16.1-	17.1	0.014541	0.016905	-0.002364	0.983221	0.976778	27.083	31.486	-4.402
17.1-	18.1	0.007830	0.009970	-0.002140	0.991051	0.986748	14.583	18.569	-3.986
18.1-	19.1	0.004474	0.005515	-0.001041	0.995526	0.992263	8.333	10.271	-1.938
19.1-	20.1	0.002237	0.002849	-0.000612	0.997763	0.995113	4.167	5.307	-1.140
20.1-	21.1	0.002237	0.001367	0.000870	1.000000	0.996480	4.167	2.547	1.620

QUADRO 51 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 6,5 ANOS

	NORMAL	LOG NORM	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	339.78361 (6)	319.59455 (5)	302.04663 (4)	270.58611 (3)	234.03438 (1)	267.15619 (2)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	24.509713 (6)	21.920346 (5)	21.404351 (4)	18.847166 (3)	16.177153 (1)	18.840288 (2)
QUI-QUADRADO	143.13897 (6)	110.53255 (5)	79.734499 (3)	98.807516 (4)	58.956650 (1)	70.515145 (2)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.647215060-01 (6)	0.355077750-01 (4)	0.305115740-01 (2)	0.449565660-01 (5)	0.279723870-01 (1)	0.333289220-01 (3)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	2.9292006 (6)	1.0971841 (4)	0.54956777 (3)	1.3949483 (5)	0.34025739 (1)	0.53032102 (2)
LOG. DA PROBABILIDADE	-4818.7824 (6)	-4790.8819 (5)	-4765.9864 (3)	-4787.5538 (4)	-4749.0569 (1)	-4759.5976 (2)

## APÊNDICE 5

SAÍDAS DO PACOTE DE COMPUTAÇÃO "MLESD" PARA  
DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS

QUADRO 52 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO NORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS

MÉDIA = 11.88331  
 VARIÂNCIA = 13.75942  
 DESVIO PADRÃO = 3.70937

X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4	5.4	0.023837	0.018421	0.005415	0.023837	0.018421	35.000	27.048	7.952
5.4	6.4	0.043133	0.029425	0.013708	0.066969	0.047846	63.333	43.206	20.127
6.4	7.4	0.070375	0.043727	0.026648	0.137344	0.091573	103.333	64.206	39.128
7.4	8.4	0.094211	0.060451	0.033760	0.231555	0.152024	138.333	88.762	49.571
8.4	9.4	0.049943	0.077747	-0.027804	0.281498	0.229771	73.333	114.159	-40.826
9.4	10.4	0.087401	0.093024	-0.005623	0.368899	0.322795	128.333	136.590	-8.256
10.4	11.4	0.087401	0.103545	-0.016144	0.456300	0.426340	128.333	152.039	-23.705
11.4	12.4	0.081725	0.107224	-0.025499	0.538025	0.533564	120.000	157.441	-37.441
12.4	13.4	0.095346	0.103296	-0.007950	0.633371	0.636860	140.000	151.673	-11.673
13.4	14.4	0.102157	0.092576	0.009580	0.735528	0.729436	150.000	135.933	14.067
14.4	15.4	0.077185	0.077187	-0.000002	0.812713	0.806623	113.333	113.336	-0.003
15.4	16.4	0.055619	0.059871	-0.004252	0.868331	0.866494	81.667	87.910	-6.244
16.4	17.4	0.056754	0.043203	0.013551	0.925085	0.909697	83.333	63.436	19.897
17.4	18.4	0.040863	0.029003	0.011860	0.965948	0.938699	60.000	42.585	17.415
18.4	19.4	0.021566	0.018113	0.003454	0.987514	0.956812	31.667	26.596	5.071
19.4	20.4	0.006810	0.010523	-0.003713	0.994325	0.967335	10.000	15.452	-5.452
20.4	21.4	0.002270	0.005688	-0.003418	0.996595	0.973023	3.333	8.352	-5.019
21.4	22.4	0.0	0.002860	-0.002860	0.996595	0.975884	0.0	4.200	-4.200
22.4	23.4	0.0	0.001338	-0.001338	0.996595	0.977221	0.0	1.964	-1.964
23.4	24.4	0.003405	0.000582	0.002823	1.000000	0.977804	5.000	0.855	4.145

QUADRO 53 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS

MÉDIA = 2.32113  
 VARIÂNCIA = 0.14367  
 DESVIO PADRÃO = 0.37904

X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4	5.4	0.023837	0.011489	0.012348	0.023837	0.011489	35.000	16.870	18.130
5.4	6.4	0.043133	0.033624	0.009509	0.066969	0.045113	63.333	49.371	13.962
6.4	7.4	0.070375	0.063026	0.007349	0.137344	0.108139	103.333	92.543	10.791
7.4	8.4	0.094211	0.089490	0.004721	0.231555	0.197629	138.333	131.401	6.932
8.4	9.4	0.049943	0.105879	-0.055936	0.281498	0.303508	73.333	155.466	-82.133
9.4	10.4	0.087401	0.110580	-0.023180	0.368899	0.414088	128.333	162.369	-34.036
10.4	11.4	0.087401	0.105762	-0.018362	0.456300	0.519851	128.333	155.294	-26.961
11.4	12.4	0.081725	0.094924	-0.013199	0.538025	0.614775	120.000	139.380	-19.380
12.4	13.4	0.095346	0.081302	0.014044	0.633371	0.696077	140.000	119.379	20.621
13.4	14.4	0.102157	0.067247	0.034909	0.735528	0.763325	150.000	98.742	51.258
14.4	15.4	0.077185	0.054179	0.023006	0.812713	0.817504	113.333	79.553	33.780
15.4	16.4	0.055619	0.042790	0.012829	0.868331	0.860294	81.667	62.830	18.837
16.4	17.4	0.056754	0.033287	0.023467	0.925085	0.893581	83.333	48.877	34.457
17.4	18.4	0.040863	0.025599	0.015263	0.965948	0.919180	60.000	37.588	22.412
18.4	19.4	0.021566	0.019517	0.002049	0.987514	0.938697	31.667	28.658	3.009
19.4	20.4	0.006810	0.014784	-0.007974	0.994325	0.953482	10.000	21.709	-11.709
20.4	21.4	0.002270	0.011147	-0.008876	0.996595	0.964629	3.333	16.367	-13.034
21.4	22.4	0.0	0.008376	-0.008376	0.996595	0.973004	0.0	12.298	-12.298
22.4	23.4	0.0	0.006280	-0.006280	0.996595	0.972884	0.0	9.221	-9.221
23.4	24.4	0.003405	0.004702	-0.001296	1.000000	0.983986	5.000	6.904	-1.904

QUADRO 54 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS

ALFA = 7.72730									
BETA = 1.40842									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4	5.4	0.023837	0.014754	0.009082	0.023837	0.014754	35.000	21.664	13.336
5.4	6.4	0.043133	0.033103	0.010030	0.066969	0.047857	63.333	48.606	14.727
6.4	7.4	0.070375	0.056378	0.013996	0.137344	0.104236	103.333	82.782	20.551
7.4	8.4	0.094211	0.079261	0.014950	0.231555	0.183497	138.333	116.382	21.951
8.4	9.4	0.049943	0.096786	-0.046842	0.281498	0.280282	73.333	142.114	-68.780
9.4	10.4	0.087401	0.106115	-0.018714	0.368899	0.386397	128.333	155.812	-27.479
10.4	11.4	0.087401	0.106855	-0.019454	0.456300	0.493252	128.333	156.899	-28.565
11.4	12.4	0.081725	0.100449	-0.018724	0.538025	0.593702	120.000	147.493	-27.493
12.4	13.4	0.095346	0.089216	0.006130	0.633371	0.682918	140.000	130.999	9.001
13.4	14.4	0.102157	0.075546	0.026611	0.735528	0.758463	150.000	110.927	39.073
14.4	15.4	0.077185	0.061427	0.015758	0.812713	0.819891	113.333	90.196	23.137
15.4	16.4	0.055619	0.048233	0.007386	0.868331	0.868124	81.667	70.822	10.845
16.4	17.4	0.056754	0.036737	0.020017	0.925085	0.904861	83.333	53.942	29.391
17.4	18.4	0.040863	0.027246	0.013617	0.965948	0.932107	60.000	40.006	19.994
18.4	19.4	0.021566	0.019734	0.001832	0.987514	0.951841	31.667	28.976	2.691
19.4	20.4	0.006810	0.013995	-0.007184	0.994325	0.965835	10.000	20.549	-10.549
20.4	21.4	0.002270	0.009739	-0.007469	0.996595	0.975574	3.333	14.300	-10.966
21.4	22.4	0.0	0.006663	-0.006663	0.996595	0.982237	0.0	9.783	-9.783
22.4	23.4	0.0	0.004488	-0.004488	0.996595	0.986725	0.0	6.590	-6.590
23.4	24.4	0.003405	0.002981	0.000424	1.000000	0.989706	5.000	4.377	0.623

QUADRO 55 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7.5 ANOS

BETA = 12.16320									
C = 3.26884									
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4	5.4	0.023837	0.019990	0.003847	0.023837	0.019990	35.000	29.352	5.648
5.4	6.4	0.043133	0.032552	0.010581	0.066969	0.052542	63.333	47.798	15.536
6.4	7.4	0.070375	0.047439	0.022935	0.137344	0.099981	103.333	69.656	33.677
7.4	8.4	0.094211	0.063467	0.030744	0.231555	0.163449	138.333	93.191	45.142
8.4	9.4	0.049943	0.078996	-0.029053	0.281498	0.242444	73.333	115.992	-42.659
9.4	10.4	0.087401	0.092101	-0.004701	0.368899	0.334546	128.333	135.235	-6.902
10.4	11.4	0.087401	0.100894	-0.013493	0.456300	0.435439	128.333	148.145	-19.812
11.4	12.4	0.081725	0.103919	-0.022194	0.538025	0.539358	120.000	152.588	-32.588
12.4	13.4	0.095346	0.100548	-0.005202	0.633371	0.639906	140.000	147.638	-7.638
13.4	14.4	0.102157	0.091208	0.010949	0.735528	0.731114	150.000	133.923	16.077
14.4	15.4	0.077185	0.077350	-0.000165	0.812713	0.808464	113.333	113.575	-0.242
15.4	16.4	0.055619	0.061120	-0.005501	0.868331	0.869584	81.667	89.744	-8.078
16.4	17.4	0.056754	0.044825	0.011928	0.925085	0.914409	83.333	65.819	17.515
17.4	18.4	0.040863	0.030384	0.010478	0.965948	0.944793	60.000	44.614	15.386
18.4	19.4	0.021566	0.018949	0.002617	0.987514	0.963743	31.667	27.824	3.843
19.4	20.4	0.006810	0.010821	-0.004011	0.994325	0.974564	10.000	15.889	-5.889
20.4	21.4	0.002270	0.005630	-0.003360	0.996595	0.980194	3.333	8.267	-4.934
21.4	22.4	0.0	0.002655	-0.002655	0.996595	0.982849	0.0	3.899	-3.899
22.4	23.4	0.0	0.001129	-0.001129	0.996595	0.983978	0.0	1.658	-1.658
23.4	24.4	0.003405	0.000430	0.002975	1.000000	0.984409	5.000	0.632	4.368



QUADRO 56 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO  $S_B$  PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS

GAMA =		0.1464							
DELTA =		1.4084							
MAX =		23.8000							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4	5.4	0.023837	0.020289	0.003548	0.023837	0.020289	35.000	29.790	5.210
5.4	6.4	0.043133	0.035774	0.007359	0.066969	0.056063	63.333	52.528	10.805
6.4	7.4	0.070375	0.052612	0.017762	0.137344	0.108675	103.333	77.252	26.081
7.4	8.4	0.094211	0.068639	0.025573	0.231555	0.177314	138.333	100.784	37.549
8.4	9.4	0.049943	0.082165	-0.032222	0.281498	0.259478	73.333	120.645	-47.312
9.4	10.4	0.087401	0.092034	-0.004634	0.368899	0.351513	128.333	135.137	-6.804
10.4	11.4	0.087401	0.097578	-0.010178	0.456300	0.449091	128.333	143.277	-14.944
11.4	12.4	0.081725	0.098549	-0.016824	0.538025	0.547640	120.000	144.703	-24.703
12.4	13.4	0.095346	0.095057	0.000289	0.633371	0.642698	140.000	139.576	0.424
13.4	14.4	0.102157	0.087521	0.014635	0.735528	0.730219	150.000	128.510	21.490
14.4	15.4	0.077185	0.076630	0.000555	0.812713	0.806849	113.333	112.519	0.815
15.4	16.4	0.055619	0.063317	-0.007698	0.868331	0.870166	81.667	92.970	-11.304
16.4	17.4	0.056754	0.048728	0.008026	0.925085	0.918893	83.333	71.548	11.785
17.4	18.4	0.040863	0.034175	0.006687	0.965948	0.953069	60.000	50.181	9.819
18.4	19.4	0.021566	0.021053	0.000514	0.987514	0.974121	31.667	30.912	0.755
19.4	20.4	0.006810	0.010658	-0.003848	0.994325	0.984779	10.000	15.650	-5.650
20.4	21.4	0.002270	0.003886	-0.001616	0.996595	0.988666	3.333	5.706	-2.373
21.4	22.4	0.0	0.000754	-0.000754	0.996595	0.989420	0.0	1.108	-1.108
22.4	23.4	0.0	0.000033	-0.000033	0.996595	0.989453	0.0	0.049	-0.049

QUADRO 57 - DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS AJUSTADA PELA DISTRIBUIÇÃO BETA PARA ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS

ALFA =		4.1377							
BETA =		4.5240							
MAX =		23.8000							
X1	X2	OBSERVADA	AJUSTADA	RESÍDUO	OBSERVADA ACUMULADA	AJUSTADA ACUMULADA	FREQUÊNCIA OBSERVADA	FREQUÊNCIA AJUSTADA	RESÍDUO
4.4	5.4	0.023837	0.020472	0.003365	0.023837	0.020472	35.000	30.059	4.941
5.4	6.4	0.043133	0.034435	0.008698	0.066969	0.054907	63.333	50.562	12.771
6.4	7.4	0.070375	0.050250	0.020125	0.137344	0.105157	103.333	73.784	29.550
7.4	8.4	0.094211	0.066167	0.028044	0.231555	0.171324	138.333	97.155	41.178
8.4	9.4	0.049943	0.080423	-0.030480	0.281498	0.251747	73.333	118.088	-44.755
9.4	10.4	0.087401	0.091481	-0.004080	0.368899	0.343228	128.333	134.324	-5.991
10.4	11.4	0.087401	0.098199	-0.010798	0.456300	0.441426	128.333	144.188	-15.855
11.4	12.4	0.081725	0.099940	-0.018215	0.538025	0.541367	120.000	146.746	-26.746
12.4	13.4	0.095346	0.096620	-0.001274	0.633371	0.637987	140.000	141.870	-1.870
13.4	14.4	0.102157	0.088686	0.013470	0.735528	0.726673	150.000	130.221	19.779
14.4	15.4	0.077185	0.077057	0.000128	0.812713	0.803730	113.333	113.145	0.188
15.4	16.4	0.055619	0.063004	-0.007385	0.868331	0.866734	81.667	92.511	-10.844
16.4	17.4	0.056754	0.047999	0.008755	0.925085	0.914733	83.333	70.479	12.855
17.4	18.4	0.040863	0.033539	0.007324	0.965948	0.948271	60.000	49.246	10.754
18.4	19.4	0.021566	0.020947	0.000619	0.987514	0.969218	31.667	30.757	0.909
19.4	20.4	0.006810	0.011189	-0.004379	0.994325	0.980407	10.000	16.429	-6.429
20.4	21.4	0.002270	0.004704	-0.002434	0.996595	0.985112	3.333	6.907	-3.574
21.4	22.4	0.0	0.001298	-0.001298	0.996595	0.986409	0.0	1.906	-1.906
22.4	23.4	0.0	0.000141	-0.000141	0.996595	0.986550	0.0	0.207	-0.207

QUADRO 58 - ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA A DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETROS DE ACÁCIA NEGRA NA IDADE DE 7,5 ANOS

	NORMAL	LOG NORM	GAMA	WEIBULL	SB	BETA
DESVIOS ABSOLUTOS	322.15468 (4)	444.86321 (6)	395.52671 (5)	291.48834 (3)	238.97747 (1)	251.10120 (2)
DESVIOS ABS. PONDERADOS	20.299058 (4)	29.156561 (6)	26.697509 (5)	18.649945 (3)	16.543208 (1)	16.848218 (2)
QUI-QUADRADO	139.27026 (4)	209.82840 (6)	148.89548 (5)	124.35510 (3)	63.639615 (1)	72.670352 (2)
KOLMOGOROV-SMIRNOV	0.79531135D-01 (6)	0.76749747D-01 (5)	0.55676590D-01 (2)	0.68106445D-01 (4)	0.54241434D-01 (1)	0.60231347D-01 (3)
CRAMER-VON MISES-SMIRNOV	1.5498887 (4)	2.9263491 (6)	1.6139121 (5)	1.0050116 (3)	0.52520873 (1)	0.72332883 (2)
LOG. DA PROBABILIDADE	-4008.2566 (4)	-4067.2280 (6)	-4022.0874 (5)	-3988.2901 (3)	-3976.9207 (1)	-3980.5085 (2)